

**UNIVERSIDADE ESTADUAL “JULIO DE MESQUITA FILHO” - UNESP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TELEVISÃO DIGITAL:
INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO**

Érika Cristina Bombini Barbosa

**UMA METODOLOGIA PARA A GERAÇÃO DE CONTEÚDOS DIGITAIS BASEADO
NA UTILIZAÇÃO DE ESTUDIOS VIRTUAIS COM REALIDADE AUMENTADA**

**Bauru
2015**

Érika Cristina Bombini Barbosa

**UMA METODOLOGIA PARA A GERAÇÃO DE CONTEÚDOS DIGITAIS BASEADO
NA UTILIZAÇÃO DE ESTUDIOS VIRTUAIS COM REALIDADE AUMENTADA**

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Televisão Digital: Informação e Conhecimento, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), para a obtenção do título de Mestre em Televisão Digital sob a orientação do Prof. Dr. Antonio Carlos Sementille.

Bauru
2015

Érika Cristina Bombini Barbosa

**UMA METODOLOGIA PARA A GERAÇÃO DE CONTEÚDOS DIGITAIS BASEADO
NA UTILIZAÇÃO DE ESTUDIOS VIRTUAIS COM REALIDADE AUMENTADA**

Área de Concentração: Televisão Digital

Linha de Pesquisa: 3 - Inovação Tecnológica para Televisão Digital

Banca Examinadora:

Presidente/Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Sementille
Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Docentes titulares:

Prof. Dr. Silvio Ricardo Rodrigues Sanches
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Marcos Américo
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Resultado: _____

Bauru: ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Fábio Barbosa pelo incentivo e força para que eu pudesse concluir esse trabalho, além da harmonia e cumplicidade sempre vivida.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Antonio Carlos Sementille, pela riqueza de informação, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e pela atenção dispensada nesta jornada.

Aos meus colegas da UNESP, Ivan Abdo Aguilar e Thiago Gaspari por terem gentilmente me ajudado na elaboração do programa piloto.

BARBOSA, E. C. B. **Uma metodologia para a geração de conteúdos digitais baseado na utilização de estúdios virtuais com realidade aumentada**. 2015. 70p. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Televisão Digital: Informação e Conhecimento)-FAAC - UNESP, sob a orientação do Prof. Dr. Antonio Carlos Sementille, Bauru, 2015.

RESUMO

A inserção de elementos gráficos virtuais em conteúdos digitais é cada vez mais comum em programas para televisão, cinema e internet. Tais elementos podem ser usados como uma ferramenta criativa por meio das quais novos programas podem ser baseados, podendo, ainda, reduzir o custo de produção de conteúdos digitais convencionais, uma vez que parte do cenário (ou, às vezes, todo ele) pode ser substituído por estes. A inserção destes elementos virtuais, no entanto, não é uma tarefa trivial, envolvendo tecnologias e conceitos que ainda estão em desenvolvimento. Computação gráfica, visão computacional, processamento de imagens, realidade virtual e realidade aumentada são algumas das áreas envolvidas. Os sistemas que estão sendo desenvolvidos com este propósito são denominados “Estúdios Virtuais”. No entanto, a utilização dos Estúdios Virtuais, além da redução de custos que podem provocar na geração de conteúdos digitais, exige uma alteração na cadeia de produção, para uma estrutura mais dinâmica e otimizada. Considerando este contexto, o presente trabalho objetivou o desenvolvimento de uma metodologia que possa ser aplicada na geração de conteúdos digitais, tendo em vista as novas características e exigências da cadeia de produção otimizada. Para testar a validade desta metodologia, realizou-se a geração de uma prova de conceito, na forma de um programa piloto, denominado “Aula de Anatomia”. Utilizou-se, para isto, os recursos do sistema ARSTUDIO, o qual consiste em um protótipo de estúdio virtual com realidade aumentada em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa da UNESP/FC/FAAC. Os resultados obtidos foram promissores e indicaram a viabilidade da metodologia proposta.

Palavras-chave: metodologia, estúdios virtuais, realidade aumentada, computação gráfica

ABSTRACT

The inclusion of virtual graphics in digital content is increasingly common in programs for television, film and internet. Such elements may be used as a creative tool by which new programs can be based, and may also reduce the cost of producing conventional digital content, since part of the scene (or sometimes all of it) can be substituted by these. The insertion of these virtual elements, however, is not a trivial task, involving technologies and concepts that are still developing. Graphic computer, computer vision, image processing, virtual reality and augmented reality are some of the areas involved. The systems being developed for this purpose are called "Virtual Studio". However, the use of Virtual Studios, in addition to the cost savings that may result in the generation of digital content requires a change in the production chain, for a more dynamic and optimized structure. Considering this context, this study aimed to develop a methodology that can be applied in the generation of digital content, in view of the new features and requirements of optimized production chain. To test the validity of this methodology, there was the generation of a proof of concept, in the form of a pilot program, called "Anatomy Lesson". It was used for this, the resources of ARSTUDIO system, which consists of a virtual studio with augmented reality prototype under development by the research group of UNESP / FC / FAAC. The results were promising and confirm the applicability of the proposed methodology.

Keywords: methodology, virtual studios, augmented reality, computer graphics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do RE@CT.....	21
Figura 2 -Sistema de câmeras utilizado para capturar expressões faciais do ator.....	22
Figura 3 - Sistema de <i>feedback</i> visual.....	23
Figura 4 - Teste de produção em estúdio.....	24
Figura 5 - Estrutura de hardware do sistema ProSet-Orad.....	25
Figura 6 – Módulos do sistema ARSTUDIO.....	30
Figura 7 - Interface do sistema e composições geradas no ARSTUDIO.....	31
Figura 8: Interface do ARSTUDIO, aba Cadastro.....	33
Figura 9: Interface do ARSTUDIO, aba Manipulação.....	33
Figura 10: Interface do ARSTUDIO, aba Plano de Fundo.....	34
Figura 11: Cena 1- cenário real e conteúdo gerado pelo ARSTUDIO.....	35
Figura 12: Cena 2: cenário real e conteúdo gerado pelo ARSTUDIO.....	36
Figura 13: Cenário utilizando apenas objetos 3D.....	36
Figura 14: Visão distorcida do cenário devido a movimentação de câmera.....	37
Figura 15: Cadeia tradicional de produção.....	39
Figura 16: Nova cadeia de produção utilizando Estúdio Virtual.....	40
Figura 17: Diagrama da metodologia proposta.....	41
Figura 18: Exemplo de modelagem de objeto.....	45
Figura 19: Fotos de vários ângulos do objeto.....	48
Figura 20: Modelos 3D gerado pelo 123D Catch.....	49
Figura 21: Exemplos de imperfeições na modelagem gerada.....	49
Figura 22: Modelo de Estúdio.....	51
Figura 23: Manipulação do crânio virtual prevista no roteiro “Aula de Anatomia”..	57
Figura 24: Objetos virtuais utilizados no programa piloto.....	60
Figura 25: Geração de modelo a partir do uso de fotos de objeto real.....	61
Figura 26: Estúdio real – visão do ator.....	62
Figura 27: Estúdio real – visão do operador do ARSTUDIO.....	62
Figura 28: Cena 2 – Professora chegando atrasada.....	63
Figura 29: Cena 3 – Professora no corredor da escola.....	63
Figura 30: Cena 5 – Interação do ator com os objetos virtuais.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronologia dos Estúdios Virtuais.....	16
Quadro 2 - Estúdios Virtuais recentes.....	17
Quadro 3 - Principais características dos Estúdios levantados.....	28
Quadro 4 - Trecho de um exemplo de roteiro.....	43
Quadro 5 - Elaboração do roteiro.....	44
Quadro 6 - Modelagem e Geração da Base de Dados 3D.....	50
Quadro 7 - Filmagem de acordo com o roteiro final.....	52
Quadro 8 - Edição de Cenas, Montagem e Adição de Áudio.....	54
Quadro 9 - Roteiro “Aula de Anatomia”	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 O Problema.....	12
1.2 Objetivo Principal	13
1.3 Organização da Dissertação.....	13
2 ESTÚDIOS VIRTUAIS	14
2.1 Breve Histórico dos Estúdios Virtuais.....	15
2.2 Projeto IST-ORIGAMI.....	17
2.2.1 Visão Geral	17
2.2.2 Estrutura do sistema	18
2.3 Projeto Re@ct.....	20
2.3.1 Visão geral.....	20
2.3.2 Estrutura do sistema	20
2.4 Sistema ProSet-Orad	24
2.4.1 Visão Geral	24
2.4.2 Estrutura do sistema	25
2.5 Uma comparação entre os sistemas levantados	27
3 SISTEMA ARSTUDIO	29
3.1 Estrutura do sistema	29
3.2 Funcionalidades do sistema.....	31
3.3 <i>Chroma-key</i> ou Objetos 3D.....	35
4 A METODOLOGIA PROPOSTA PARA GERAÇÃO DE CONTEÚDO	38
4.1 Considerações sobre a cadeia de produção.....	38
4.2 A metodologia proposta	40
4.2.1 Elaboração do Roteiro	41
4.2.2 Modelagem de Objetos Virtuais	45
4.2.2.1 Softwares Modeladores.....	46
4.2.2.2 Modelagem a partir do uso de fotos.....	48
4.2.2.3 <i>Scanners</i> 3D	49
4.2.3 Produção: filmagem de acordo com roteiro	50
4.2.4 Pós-produção: edição das cenas, montagem e adição de som	53
5 TESTE DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	55
5.1 Elaboração do roteiro.....	55
5.2 Modelagem dos objetos.....	59

5.3 Filmagem das cenas	61
5.4 Edição das cenas.....	64
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
6.1 <i>Matting Digital</i>	65
6.2 Iluminação	65
6.3 Objetos 3D	66
6.4 Áudio.....	66
7 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Os objetos virtuais – elementos sintéticos 2D ou 3D gerados por computador para parecerem ser parte de uma cena real – representam, atualmente, uma característica comum em conteúdos digitais, tanto para o cinema quanto para a televisão e a Web. Tais elementos podem ser utilizados como parte de uma ferramenta criativa em torno da qual novos tipos de programas podem basear-se, ou podem reduzir o custo de produção de programas convencionais por meio da substituição de partes do cenário por fundos (*backgrounds*) gerados por computador.

Novos desenvolvimentos prometem ampliar ainda mais o alcance dos objetos virtuais 3D para novas áreas e auxiliarem o desenvolvimento de conteúdo multiplataforma, visto que tais objetos já compõe a infraestrutura do entretenimento baseado em computador (THOMAS; GRAU, 2009).

Os modelos gráficos gerados por computador podem ser renderizados na tela a cada quadro de vídeo por meio de hardware específico de alta qualidade. Sistemas de controle permitem que a câmera possa ser movimentada, fornecem um controle rígido de iluminação e possibilitam que objetos de primeiro plano ou planos de fundo virtuais possam ser redesenhados em uma taxa de 50 a 60 vezes por segundo, para acompanhar o ponto de visão da câmera (THOMAS, 2006).

O conjunto envolvendo hardware e software necessários para realizar essa composição, permitindo essa liberdade de movimentação, possibilitou que modelos virtuais fossem utilizados em maior escala. O termo “Estúdio Virtual” foi criado justamente para caracterizar estes novos sistemas (GRAU et al., 2000).

Os estúdios virtuais já começam a utilizar formas avançadas de interfaces, tais como a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), além dos efeitos especiais e animações geradas por Computação Gráfica (CG). Um exemplo do uso de tais características é o projeto IST-ORIGAMI, desenvolvido pela *Information Society Technology* (IST), formada por empresas e instituições de pesquisa europeias, dentre as quais, a *British Broadcasting Corporation* (BBC), *Politecnico di Milano*, *University of Kiel*, entre outras (GRAU et al., 2005). O objetivo principal deste sistema é combinar a habilidade de capturar cenas dinâmicas por meio de um sistema multi-câmera com um componente de retorno (*feedback*) ao ator. Em

particular, o projeto é focado nas ferramentas de pré-produção para criação de estúdios virtuais automáticos, baseadas na modelagem 3D por imagem.

Outro exemplo é o projeto ARSTUDIO (SEMENTILLE et al., 2012), cujo objetivo principal é investigar e aplicar as técnicas de Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Computação Gráfica em uma ferramenta computacional que permita a criação de Estúdios Virtuais Interativos. Esta investigação envolve problemas como o “registro” de objetos virtuais, a oclusão mútua, a reconstrução tridimensional de atores e ambientes, visando a obtenção de conteúdo de qualidade para a televisão digital e internet ((SEMENTILLE et al., 2007), (CAMPOS et al., 2010)).

No entanto, a exploração das potencialidades e a redução de custos na geração de conteúdo para a televisão por meio da utilização dos recursos dos estúdios virtuais, só poderão ser obtidas pelo desenvolvimento e adoção de um novo paradigma para a cadeia de produção.

1.1 O Problema

Segundo Grau (2005), geralmente a produção de qualquer programa ou filme para televisão que envolva o uso de Computação Gráfica, passa por três fases técnicas:

- **Fase de planejamento:** as idéias conceituais, geralmente representadas na forma de *storyboard*, são transformadas em um roteiro, juntamente com uma lista de cenas e instruções técnicas de como obtê-las.
- **Fase on-set:** nesta fase é realizada a filmagem de acordo com o roteiro.
- **Fase de pós-produção:** o conteúdo virtual é integrado à filmagem real e as cenas são editadas para o programa final.

Neste fluxo de trabalho, o conteúdo tridimensional (3D) é somente usado no estágio de pós-produção e, portanto, o conteúdo virtual só é visível após toda a gravação em estúdio ter sido completada.

Com a utilização de Estúdios virtuais, como por exemplo, o já citado ARSTUDIO, exige-se uma modificação da cadeia de produção, para uma estrutura mais dinâmica. Nesta nova estrutura, com a utilização das técnicas de realidade virtual e aumentada, as animações, objetos e cenários virtuais podem ser

visualizados e manipulados, tanto pelo diretor quanto pelos atores e operadores de câmeras, no decorrer da produção. Tal modificação, no entanto, carece de uma metodologia clara capaz de redefinir, de forma coerente e otimizada, as funções de cada fase desta nova cadeia de produção.

1.2 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho consistiu em elaborar uma metodologia para geração de conteúdos digitais levando em consideração as funcionalidades dos estúdios virtuais com realidade aumentada, tais como o ARSTUDIO. Esta metodologia, uma vez estruturada, foi testada por meio da geração de um programa piloto, utilizando-se os recursos existentes no sistema ARSTUDIO.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação foi estruturada da forma que segue.

O capítulo 2 apresenta uma visão geral sobre os estúdios virtuais e dos principais conceitos envolvidos, bem como uma comparação entre os estúdios levantados.

O capítulo 3 descreve as funcionalidades e a estrutura geral do ARSTUDIO.

O capítulo 4 apresenta a metodologia elaborada para geração de conteúdos digitais com utilização de estúdios virtuais de realidade aumentada.

No capítulo 5 tem-se a descrição do conteúdo obtido a partir da aplicação da metodologia proposta anteriormente. Este conteúdo consistiu em um programa piloto, denominado “Aula de Anatomia”.

O capítulo 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2 ESTÚDIOS VIRTUAIS

Com a evolução da televisão analógica para televisão digital, cada vez mais recursos visuais estão sendo utilizados. Um exemplo é a composição de imagens, que tem se tornado um dos recursos mais utilizados no cinema e na televisão para produção de vídeos. Esse recurso permite ao diretor inserir novos elementos em uma cena, como efeitos especiais ou simplesmente levar os atores para um cenário totalmente diferente (CHUANG et al., 2002, p. 243). A técnica mais utilizada para composição de cenas é o *chroma-key*.

O *chroma-key* é um caso especial de um conceito mais geral chamado *matting* digital. O *matting* digital é o processo de composição de imagens digitais, podendo ser dividido em duas fases. A primeira fase é a extração dos objetos em primeiro plano, e a segunda é a combinação desses objetos em primeiro plano com um novo plano de fundo (WANG e COHEN, 2007, p. 98).

A técnica do *chroma-key*, portanto, consiste na identificação de partes da imagem em que se encontra uma determinada cor (“cor chave”) para separar o plano de fundo dos elementos de interesse. Escolhe-se normalmente o azul por haver melhor adaptação aos tons da pele humana e pelo fato de, historicamente, câmeras serem mais sensíveis a luzes azuis. Uma nova imagem é, então, gerada combinando-se os elementos de interesse com um novo plano de fundo. Um exemplo clássico são as previsões meteorológicas na televisão (THOMAS, 2006, p. 1).

Nasce então, o conceito de Estúdio Virtual para diferenciar o uso das técnicas tradicionais do *chroma-key* nas produções cinematográficas e televisivas, já que as técnicas convencionais de *chroma-key* necessitam de um controle bastante rígido do ambiente para que se obtenha resultados satisfatórios. Estas exigências, somadas às suas várias limitações, resultaram no desenvolvimento de muitos métodos para estender a utilização do *chroma-key* e atender à exigente indústria da televisão. Tais métodos permitem que, por meio de imagens geradas pela computação gráfica, estúdios virtuais possam ser utilizados para a produção de programas. Sendo assim, os sistemas de Estúdios Virtuais, apesar de haver abordagens alternativas,

normalmente iniciam a partir de protótipos experimentais que são extensões do *chroma-key*; portanto, são definidos como técnicas avançadas do método tradicional.

Os primeiros sistemas de estúdios virtuais necessitavam de supercomputadores gráficos para executarem, limitando sua utilização às grandes emissoras. Felizmente, esta tecnologia tem evoluído significativamente, e os gráficos podem ser renderizados em um sistema de computador pessoal convencional.

Uma das vantagens de se utilizar essas técnicas é o custo de produção. Como o cenário é virtual, elimina a necessidade de ter que montar e desmontar vários cenários e de ter que possuir grandes espaços físicos. Outra vantagem é a substituição completa do cenário real pelo virtual, onde pode-se adicionar objetos virtuais ao ambiente real, permitindo que apenas aqueles elementos que não são facilmente reproduzidos no mundo real, sejam sintetizados virtualmente (THOMAS, 2006, p.1).

Além das vantagens já citadas, ainda há a possibilidade de se utilizar estúdios virtuais com técnicas de realidade aumentada. A realidade aumentada pode ser definida como a sobreposição no ambiente real de objetos virtuais (em 2D ou 3D) gerados por computador. Essa técnica tem o objetivo de aumentar a percepção do usuário e sua interação com o mundo real, pelo suplemento da realidade com objetos virtuais tridimensionais que pareçam coexistir no mesmo espaço (AZUMA, 2004, p.3).

O grande desafio é a criação de um ambiente em que o usuário não consiga distinguir o mundo real do virtualmente aumentado. Imagina-se um ambiente real, em que objetos virtuais são inseridos, para que se obtenha uma cena combinada, mas com predominância da realidade.

2.1 Breve Histórico dos Estúdios Virtuais

Cenários virtuais em tempo real foram provavelmente usados pela primeira vez no Japão, em 1991. A companhia NHK desenvolveu um protótipo de um sistema virtual utilizado para produzir um documentário chamado "Nanospace". O programa foi transmitido em 1992 e estava à frente de seu tempo. O trabalho pioneiro da NHK continha os principais elementos de um sistema de estúdio virtual: a renderização de fundo em tempo real. A partir daí, outros sistemas foram sendo desenvolvidos. O

Quadro 1 resume o desenvolvimento dos estúdios virtuais na década de 90 (GIBBS et al., 1998, p. 21).

Quadro 1 - Cronologia dos Estúdios Virtuais

Data	Empresa/Produto
1988 (Seoul Olympics)	NHK (Synthevision—2D background)
1991	NHK (in-house system)
1992	Ultimatte (prerendered virtual set)
1993	BBC (in-house system—prerendered virtual set)
March 1994 (National Association of Broadcasters—NAB)	IMP (Platform)
September 1994 (International Broadcasting Convention—IBC)	IMP (Platform), VAP (ELSET)
November 1994	GMD (3DK)
April 1995 (NAB)	IMP (Platform), Accom (ELSET), RT-Set Ltd. (Larus, Otus) ElectroGIG (Reality Tracking) Softimage/INA (Virtual Theater/Hybrid Vision)
September 1995 (IBC)	IMP (Platform), Accom (ELSET), RT-Set Ltd. (Larus, Otus) ElectroGIG (Reality Tracking) Softimage (Virtual Theater) Orad (Virtual Set)
April 1996 (NAB)	Discreet Logic (Vapour), Accom (ELSET), RT-Set Ltd. / Chyron (Larus, Otus) ElectroGIG (Reality Tracking) Orad (Cyberset), Evans and Sutherland (MindSet) Vinten(VideoScape), Radamec (Virtual Scenario)
1997	Primarily the above with PC-based versions now appearing

Fonte: GIBBS et al., 1998, p. 21

O Quadro 2 mostra os Estúdios Virtuais mais recentes.

Quadro 2 - Estúdios Virtuais recentes

Empresa/Instituição	Produto
For-A	DigiStorm
Vizrt	Viz Visual Studio
Darim Vision	VS (1000, 2000, 4000)
BBC	RE@CT
BBC	IST-ORIGAMI
Orad	ProSet
Unesp	ARSTUDIO

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

2.2 Projeto IST-ORIGAMI

2.2.1 Visão Geral

O projeto IST-ORIGAMI foi desenvolvido pela Information Society Technology (IST), formada por empresas e instituições de pesquisa européias, dentre as quais, a British Broadcasting Corporation (BBC), Politecnico di Milano, University of Kiel, entre outras (GRAU et al., 2005, p. 1).

O projeto desenvolveu um conjunto de novas ferramentas de planejamento e pré-visualização para produções no cinema e TV. As técnicas variam desde *feedback* visual em tempo real até ferramentas de pré-produção, que incluem soluções para geração automática de modelos 3D de ambientes e objetos estáticos.

Como já mencionado, a visualização em estúdio virtual é um problema importante. Para o diretor, operadores de câmera e atores, há uma forte necessidade de ter uma pré-visualização da cena composta. Então, o sistema gerado no projeto ORIGAMI também foi concebido para capturar cenas dinâmicas por meio de um sistema multi-câmera com *feedback* para o ator.

O Origami também utiliza técnicas de *chroma-key* com base em um tecido retro-refletivo especial, que permite ao ator ver as imagens projetadas, enquanto que a câmera é equipada com um anel de LEDs azuis. A luz dos LEDs é refletida de volta para a câmera e permite que um *chroma-key* mais perfeito (Figura 5). Para reconstruir o ambiente que rodeia os atores e objetos virtuais, foram desenvolvidas ferramentas de pré-produção para a modelagem automática. O projeto focou-se,

então, em ferramentas de pré-produção para criação de estúdios virtuais, baseados na modelagem 3D por imagem.

Para a modelagem de objetos, ou seja, para criação de personagens virtuais, o objetivo foi desenvolver uma estratégia de modelagem que permitisse a criação rápida de modelos de objetos completos, independentemente de seus tamanhos, através de um procedimento simples baseado em câmeras comerciais. Os sistemas anteriores restringiam os tamanhos dos objetos modelados.

2.2.2 Estrutura do sistema

A ideia do projeto é adquirir uma sequência de imagens (por exemplo, um vídeo) de todo o objeto, sem limitações específicas e restritivas; estimar os parâmetros da câmera automaticamente a partir dessas imagens (posição, orientação e parâmetros) e, finalmente, gerar o modelo de objeto de forma automática, por meio da análise das imagens disponíveis. A fim de conseguir esses objetivos, o projeto ORIGAMI desenvolveu soluções específicas para os seguintes problemas:

- Câmera baseada em imagem de rastreamento: São caracterizadas pelo fato de que as posições iniciais e finais da câmera estão próximas umas das outras. Neste processo as imagens são obtidas através da colocação do objeto em uma plataforma giratória e a câmera se mantém fixa enquanto o objeto passa por uma rotação completa;
- Modelagem rápida e global de objetos: as sequências de imagens das câmeras garantem uma grande quantidade de informações sobre a estrutura do objeto, que pode ser explorada para a modelagem automática de objetos completos;
- Geração de nuvens de pontos ou mapa de profundidade;

O sistema é composto de uma série de componentes modulares. A comunicação e a troca de dados entre esses módulos é predominantemente baseada em uma rede local e componentes de tecnologia padrão. O número de câmaras pode variar dependendo do espaço disponível no estúdio e das

necessidades específicas de produção. Os servidores de captura são PCs ¹ padrão, equipados com uma placa de captura e uma matriz de disco RAID ². Na fase de captura, as imagens do sistema multi-câmera são armazenadas para serem utilizadas na próxima fase, de maneira *off-line*.

As câmeras são fixadas e os seus parâmetros são determinados por um procedimento de calibração. Além disso, as câmeras são equipadas com um preciso sistema de rastreamento em tempo real. Esse sistema foi chamado *free-d*, o qual usa marcadores circulares retro-refletivos com códigos de barras presos ao teto do estúdio. Uma pequena câmera monocromática circundada por um anel de LED apontada para o teto é montada sobre a câmera de filmagem e realiza o rastreamento dos marcadores, permitindo o cálculo da posição e orientação da câmera principal.

Para a pré-visualização das cenas, o projeto foi focado, especificamente para a pré-visualização de personagens humanos sintéticos (*avatares*), capazes de realizar movimentos corporais, bem como, sincronização dos movimentos da face com a fala.

A pré-visualização do *avatar*, embora seja em baixa resolução, é, no entanto, capaz de garantir a flexibilidade e a qualidade necessária à animação de maneira a permitirem a sincronização com os movimentos dos atores, na fase de produção. Por exemplo, um gesto do *avatar* como um aperto de mão, um olhar, um sorriso, ou um beijo. A baixa resolução dos gráficos permite animação em tempo real dos *avatares* e não tem impacto na qualidade final do produto, já que pode ser substituído, na pós-produção, por modelos e efeitos de maior complexidade.

O projeto ORIGAMI, então, desenvolveu tecnologias para a fase de pré-produção, ou seja, para a modelagem de objetos estáticos. Foram desenvolvidas novas técnicas de calibração de câmara e reconstrução 3D. O sistema de estúdio fornece um sistema de avatar, um sistema de modelagem dinâmico para os atores e um componente de *feedback* em tempo real de pré-visualização. Em particular, o componente de *feedback* demonstrou um grande potencial para melhorar a eficiência do fluxo de produção, uma vez que a equipe de produção recebe um *feedback*

¹ Significado da sigla: Computador pessoal

² RAID, sigla de *redundant array of independent disks* (Conjunto Redundante de Discos Independentes), é um mecanismo criado com o objetivo de melhorar o desempenho e segurança dos discos rígidos existentes em um PC qualquer, através do uso de HDs extras.

imediatos. Portanto os problemas típicos de produção, como posições erradas de objetos na cena real e virtual e erros na linha dos olhos do ator, podem ser evitados.

2.3 Projeto Re@ct

2.3.1 Visão geral

O projeto RE@CT foi desenvolvido por vários pesquisadores da BBC (*British Broadcasting Corporation*), *Fraunhofer Hhi*, *Inria*, *Universidade de Surrey*, *Artefacto* e *Oxford Metrics Group* (RE@CT, 2014).

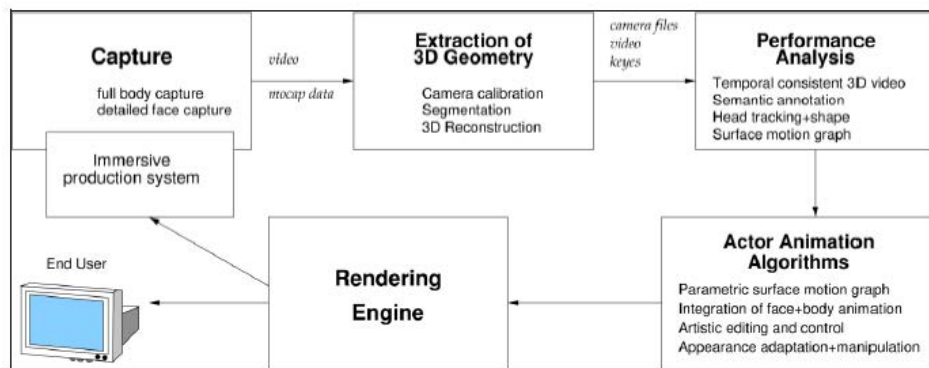
O projeto, ainda em desenvolvimento, tem o objetivo de revolucionar a produção de animações altamente realistas, utilizando atores humanos e com custos significativamente reduzidos. Para isso está desenvolvendo um processo automatizado para extrair e representar personagens animados através da captura da atuação de um ator, tanto no aspecto visual, como no seu movimento, por meio da utilização de múltiplas câmeras. A principal inovação é o desenvolvimento de métodos de análise e representação de vídeo 3D para permitir a utilização, em tempo real, de uma animação interativa.

Atualmente não há nenhum processo contínuo para a produção de conteúdo animado com pessoas reais, já que no processo tradicional, a animação é inserida num segundo momento (pós-produção). A nova técnica baseia-se em técnicas desenvolvidas anteriormente para extrair informações 3D a partir de várias câmeras. Essa técnica foi estendida para captura de rastreamento ativo e detalhes da face e do corpo do ator. Foi incluído, também, um sistema de *feedback* imersivo, com a produção de efeitos especiais para ajudar os atores durante a fase de produção *on-set*.

2.3.2 Estrutura do sistema

A Figura 1 exibe as funcionalidades dos principais módulos do RE@CT.

Figura 1 - Estrutura do RE@CT



Fonte: GRAU et al., 2012, p. 7

Para capturar os movimentos realizados pelos atores, o sistema combina o vídeo de várias câmeras HD e a tecnologia de captura de movimento baseado em marcadores. A sincronização entre os dois sistemas é conseguida por meio de sinais *genlock*³ padrão. Para capturar as expressões faciais, um sistema de câmeras foi montado em uma estrutura que é colocada na cabeça do ator. O sistema é composto por quatro cameras monocromáticas formando dois pares estéreos, como mostrado na Figura 2. Os vídeos são compactados usando H.264 e armazenados em discos *SSD logger*⁴ portáteis.

O processo de captura da face deve capturar dados em quantidade e qualidade suficientes para serem utilizado nas animações. Portanto, imagens da face dos atores são filmadas em conjunto por várias câmeras dedicadas e gravadas em *full HD*⁵ ou qualidade superior.

Na prática, a cobertura frontal em um ângulo de 120 graus da linha de base é mais relevante, permitindo visualizações de ambas as direções. As câmeras devem ser sincronizadas, bem como calibradas. O estúdio RE@CT está equipado com

³ O *genlock* é uma técnica que permite a sincronização de várias fontes de vídeo com base em um sinal de referência específico ou uma das fontes de vídeo.

⁴ SSD (*solid-state drive*) é uma nova tecnologia de armazenamento considerada a evolução do disco rígido (HD). Ele não possui partes móveis e é construído em torno de um circuito integrado semicondutor, o qual é responsável pelo armazenamento, diferentemente dos sistemas magnéticos (como os HDs).

⁵ Sigla de **Full High Definition**, que significa Alta Definição Máxima.

câmeras PTZ⁶ com *feedback* eletrônico, configurações de zoom e um sistema de calibração óptica para os parâmetros da câmara, composta por marcadores no teto do estúdio, que são registrados por uma segunda câmera montada no estúdio real.

Figura 2 – Sistema de câmeras utilizado para capturar as expressões faciais do ator



Fonte: GRAU et al., 2012, p. 8

Para extrair a geometria 3D dos atores, o sistema se baseou no processo de segmentação de imagem. A movimentação dos atores é capturada em um ambiente de estúdio controlado, utilizando técnicas de *chroma-key*. Isso levanta a questão de que os atores não têm referência visual. É muito difícil, mesmo para atores treinados, interagir com objetos virtuais que não vêem. A posição desconhecida do objeto virtual pode levar a movimentos ou olhares incorretos.

A fim de simplificar o processo de captura e obter melhores resultados foi investigada a utilização de um sistema de *feedback* para ajudar na produção de efeitos especiais. O sistema fornece ao ator um *feedback* visual de outros seres humanos virtuais ou objetos com os quais eles têm que interagir. A cena virtual é processada e projetada em tempo real no ambiente do estúdio real, sem interferir no processo de captura. As câmeras são equipadas com um anel de LEDs azuis e a luz refletida em uma tela de material especial torna o fundo azul, necessário para *chroma-key*. Ao mesmo tempo, o ator pode observar as imagens a partir de um projetor de vídeo, como representado na Figura 3.

⁶ São câmeras que permitem um controle completo do equipamento no que diz respeito a movimentação tanto na vertical, quanto na horizontal, além de possuir uma ótima qualidade de zoom óptico.

Figura 3 - Sistema de *feedback* visual



Fonte: GRAU et al., 2012, p. 9

O sistema de captura fornece a forma geométrica e aparência de forma independente em cada quadro do vídeo. A análise de desempenho prevê informação temporal adicional a partir desses dados, a fim de permitir o tratamento posterior como uma animação do ator. A representação temporal, que inclui gráficos de movimento, é uma etapa chave. A estratégia consiste em representar sequências de vídeo 3D, dentro de um conjunto de dados, como os movimentos de um modelo conhecido, ou seja, uma malha 3D.

Também inclui informações semânticas, como por exemplo identificação da cabeça, mãos e etc. Essas informações são úteis, pois enriquecem as representações de vídeo 3D e proporcionam um conhecimento mais preciso da dinâmica da cena.

O projeto RE@CT tem como objetivo fornecer novas ferramentas para a produção de animações com personagens interativos. Os cenários que podem ser gerados a partir do sistema incluem educação, simulações, e produções de televisão ao vivo. Na sua essência, o projeto visa o desenvolvimento de ferramentas que capturam as ações de atores reais e depois, automaticamente, constroem um banco de dados com estas ações para gerar animações em tempo real. Os testes iniciais,

mostrados na Figura 4, já foram realizados para demonstrar os benefícios das técnicas.

Figura 4 - Teste de produção em estúdio



Fonte: GRAU et al., 2012, p. 11

2.4 Sistema ProSet-Orad

2.4.1 Visão Geral

O sistema ProSet é desenvolvido pela empresa Orad ⁷. Esse sistema tem sido amplamente utilizado por grandes emissoras, entre elas a TV Globo, ESPN, HBO.

O sistema de estúdio virtual *high-end*, HD/SD, oferece integração entre hardware dedicado, software e tecnologias de rastreamento. Pode ser utilizado para vários tipos de produções, inclusive shows infantis, eleições, esportes, shows de entretenimento e notícias.

Com os recursos de importação, os modelos do 3D Studio Max e do Maya junto com suas respectivas geometrias, texturas e animações são importados diretamente para o ProSet. Com base na plataforma de renderização de gráficos em vídeo HDVG⁸ da Orad, o sistema permite que complexos sets virtuais sejam

⁷ Informações oficiais no site www.orad.tv/master/pt/proset

⁸ O HDVG foi criada pela Orad para oferecer desempenho em tempo real e como tal, oferece vantagens como: 5 feeds de vídeo HD ao vivo ou 12 em SD; reprodução de vários clipes de vídeo com armazenamento rápido na base RAID local; 16 canais de áudio integrado; derivação mecânica, SDK integrado, entre outras.

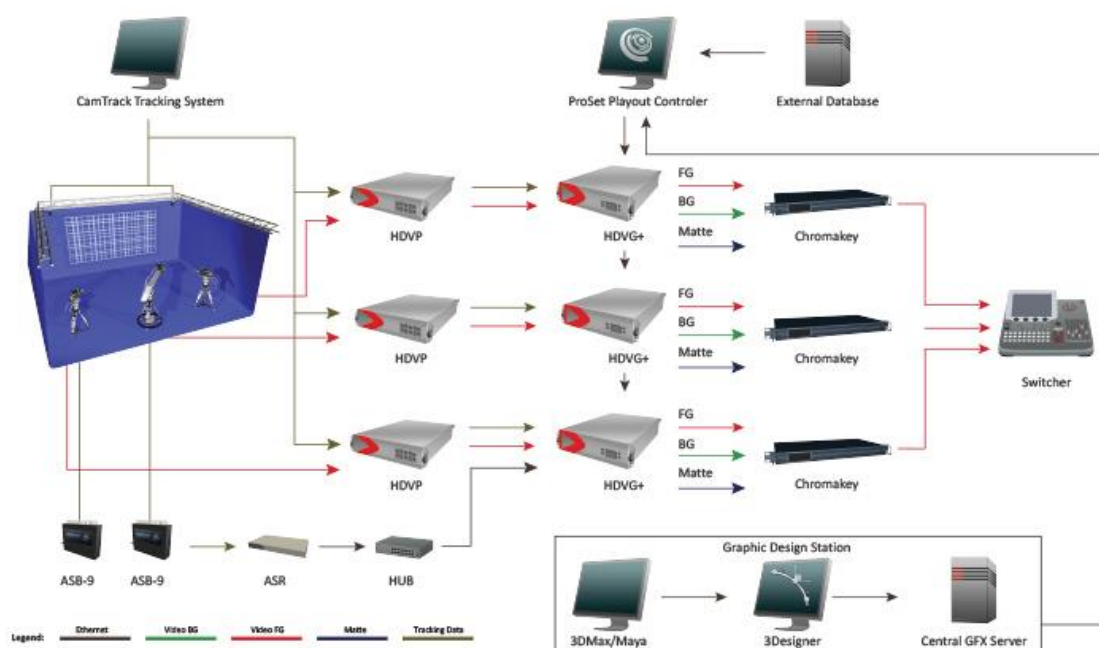
executados em tempo real. O sistema também oferece uma visualização local de toda a animação, antes de enviá-la ao ar. O ProSet recebe informações de rastreamento de câmeras de estúdio, permitindo que o operador visualize a cena com elementos virtuais a partir da posição exata da câmera do estúdio em questão.

2.4.2 Estrutura do sistema

O ProSet oferece muitos *shaders*⁹ de profundidade em tempo real que aprimoram o fotorrealismo da produção. Com o *shader* de profundidade de campo, o segundo plano virtual é focalizado e desfocalizado dependendo do zoom, exatamente como aconteceria em um segundo plano real. O mapeamento de relevo e o mapeamento de deslocamento também são oferecidos para garantir o mais alto nível de fotorrealismo.

Permite que os usuários criem efeitos de sombra e iluminação em objetos em tempo real. Os objetos de cena podem ser definidos como *Shadow Projectors* (a fonte de luz), *Shadow Casters* e *Shadow Receivers*, que podem aumentar o realismo da produção.

Figura 5 - Estrutura de hardware do sistema ProSet-Orad



Fonte: ORAD, 2014

⁹ É um conjunto de instruções para o processamento de efeitos de renderização em uma imagem tridimensional. Com ele, as imagens são constantemente processadas, o que gera maior qualidade gráfica.

O rastreamento de câmeras é um ponto forte, pois utiliza o sistema *Pattern Recognition*¹⁰, o *CamTrack* para movimentação livre da câmera, sistemas de rastreamento com sensor mecânico, cabeçote totalmente robótico VR One controlado pelo sistema operacional e sistema de rastreamento por infravermelho *Xync*.

O sistema *Pattern Recognition* da Orad, é indicado para estúdios com um número relativamente grande de câmeras. Com base em algoritmos, a posição da câmera, a orientação e o campo de visão são extraídos a partir do sinal de vídeo, eliminando a necessidade de colocar-se equipamento de localização na câmera.

Possui suporte a todos os tipos de câmeras, lentes e tripés de emissoras. Várias configurações de câmeras podem ser integradas sem dependência de tecnologias de terceiros. O ProSet oferece suporte a total movimentação das câmeras e, utilizando o sistema de rastreamento por infravermelho *Xync*, as câmeras portáteis e as montadas têm suporte para obterem total liberdade dentro do set virtual.

Permite, também, o carregamento de vários sets, que podem ser alternados instantaneamente. Para isso, possui dois modos de trabalho: um modo de criação, no qual são criados os resumos, e um modo de produção, no qual os itens de resumo são enviados ao ar.

Para aumentar a confiabilidade do sistema, o ProSet funciona em um sistema operacional Linux e vem com uma fonte de alimentação dupla que garante, mesmo em caso de perda de energia, que o ProSet continuará seu funcionamento normal.

Fornece 12 inserções de vídeo no modo SD ou até 6 inserções de vídeo quando configurado em HD. O ProSet permite o mapeamento de clipes de vídeo em qualquer elemento dentro do estúdio virtual. Avi, MPEG, DV, DVC25, Quick Time e outros formatos comumente usados têm total suporte e vários clipes podem ser reproduzidos ao mesmo tempo. É possível mixar fluxos de vídeo e clipes de vídeo, bem como mixar entradas HD e SD, já que todos os formatos HD são suportados. O sistema vem com 2 drives SATA de 500 GB cada, configurados em Raid 0, particularmente útil para reprodução em velocidade acelerada a fim de obter clipes

¹⁰ Sistema de rastreamento de câmeras da Orad, ideal para estúdios com um grande número de câmeras. Com base em algoritmos proprietários, a posição da câmara, a orientação e o campo de visão são extraídos a partir do sinal de vídeo, eliminando a necessidade de equipamento de localização colocado na câmera. É compatível com todos os tipos de câmeras de estúdios e lentes.

com alto índice de bits. Os drives SATA também estão disponíveis para configurações Raid 1 onde o espelhamento pode ser usado para fins de backup.

2.5 Uma comparação entre os sistemas levantados

Nas seções anteriores foram descritos três sistemas de Estúdio Virtual, com ênfase em suas características principais. O Quadro 3 sintetiza estas características.

Conforme pode ser notado pela análise das informações do Quadro 3, os sistemas levantados possuem características semelhantes, apesar de utilizarem técnicas diferentes para aspectos chaves, tais como, o rastreamento de câmeras, captura de movimentos e reconstrução dos atores.

Uma característica que merece ser destacada é atuarem em mais de uma etapa da cadeia de produção. A tendência que se evidencia é que tais sistemas, com o tempo, virão a atuar em todas as etapas da cadeia. Como exemplo, tem-se atualmente que os bancos de dados de modelos tridimensionais usados por alguns destes sistemas armazenam modelos em vários níveis de detalhe: “baixo” para a etapa de pré-produção, “médio” para a etapa de produção e “alto” para a etapa de pós-produção.

Vários sistemas utilizam mais de uma forma de segmentação de imagens. Tradicionalmente havia a predominância da técnica de *chroma-key*. No entanto, recentemente, equipamentos especiais (como os que trabalham com luz estruturada, como o Kinect) têm permitido o cálculo da distância dos pontos associados às imagens dos elementos reais. Com base nesta informação, um mapa de profundidade pode ser gerado, viabilizando a criação de uma cena composta de elementos reais e virtuais com coerência de profundidade.

Quadro 3 - Principais características dos Estúdios levantados

	RE@CT	ORIGAMI	ProSet
Permite rastreamento de câmeras	Sim	Sim	Sim
Etapa(s) da cadeia de produção em que atua	Pré-produção Produção Pós-produção	Pré-produção Produção Pós-produção	Pré-produção Produção Pós-produção
Permite modelagem de objetos	Sim	Sim	Informação não encontrada
<i>Feedback</i> para o ator	Possui	Possui	Não possui
Captura de movimentos para animação de personagens virtuais	Realiza	Não realiza	Não realiza
Reconstrução 3D do ator	Sim	Sim	Não
Pré-visualização da cena no estúdio	Sim	Sim	Sim
Suporta Multi-câmera	Sim	Sim	Sim
Utiliza mapa de profundidade	Sim	Sim	Não
Sistema comercial	Não	Não	Sim

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

A pré-visualização e a interação dos atores com elementos virtuais também já é uma realidade para alguns destes sistemas. Uma vez efetivada, esta característica eliminará um dos principais problemas no uso dos estúdios virtuais: a dificuldade dos atores em posicionarem-se com relação aos objetos invisíveis.

Porém, talvez a maior vantagem no desenvolvimento e uso destes sistemas seja abrir novas possibilidades criativas para a cenografia e efeitos visuais, reduzindo o tempo de produção e permitindo uma maior experimentação.

3 SISTEMA ARSTUDIO

O projeto denominado ARSTUDIO está atualmente em desenvolvimento pela equipe de pesquisa do Grupo de Sistemas de Tempo Real do Laboratório de Sistemas de Tempo Real (LSTR) e do Laboratório Sistemas Adaptativos e Computação Inteligente (SACI) da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Bauru. O objetivo principal é investigar e aplicar as técnicas de Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Computação Gráfica em uma ferramenta computacional que permita a criação de Estúdios Virtuais Interativos (SEMENTILLE et al., 2012, p. 666).

Inicialmente preocupou-se com os aspectos de interface com o usuário, geração de base de dados de objetos tridimensionais, planos de fundo (*background*) e geração da cena combinada; posteriormente, foi adicionado o tratamento da captura de imagens em tempo real, detecção de marcadores e extração do ator (*foreground*) por meio da técnica de *chroma-key* e tratamento de profundidade com o uso do equipamento Kinect da Microsoft.

Diferentemente dos outros projetos descritos no capítulo anterior, o ARSTUDIO está sendo desenvolvido para fins acadêmicos.

3.1 Estrutura do sistema

O sistema é composto por seis módulos interdependentes (Figura 6), responsáveis pelas seguintes funções: (1) Captura de vídeo; (2) Detecção de marcadores; (3) Aplicação do *Chroma-key*; (4) Geração da Cena Combinada; (5) Captura de Áudio e (6) Interface com o usuário.

O funcionamento do sistema pode ser descrito nas seguintes etapas:

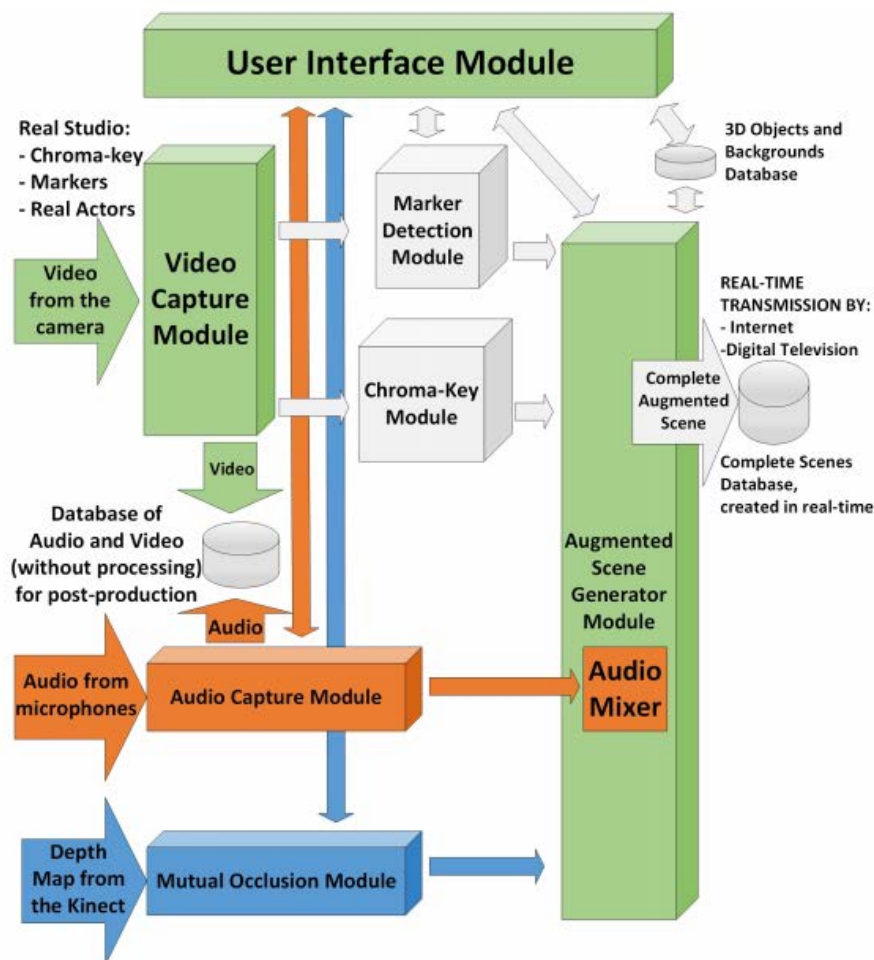
1. O ambiente de filmagem é montado pelo usuário, com uso dos marcadores de Realidade Aumentada e adoção do fundo homogêneo na cor chave escolhida (verde, azul, ou vermelho).
2. Uma câmera fixa é utilizada para capturar as imagens do cenário real.
3. Através da interface gráfica, o usuário realiza a configuração do ambiente, gerenciando os marcadores e objetos 3D a eles associados para inserção na cena. Também pode ajustar propriedades geométricas dos objetos e preparar o plano de fundo virtual a ser usado, que pode ser um vídeo ou uma imagem.

4. A cada quadro de vídeo capturado, a imagem da cena real é processada pelo sistema, da seguinte forma: no módulo de Detecção de marcadores, os padrões de marcadores pré-cadastrados no sistema são reconhecidos e a informação relativa ao seu posicionamento é obtida; O módulo de *Chroma-key* gera um mapa de transparência da imagem corrente, que permitirá isolar os componentes de interesse contidos na cena real para que permaneçam na cena final (combinada).

5. Os objetos virtuais inseridos na cena pelo usuário são efetivamente adicionados ao ambiente pelo Módulo de Geração da Cena Combinada, considerando o posicionamento de marcadores e, conseqüentemente, dos objetos virtuais.

6. A cena combinada, juntamente com o áudio capturado, é exibida para o usuário, que pode optar por armazenar o vídeo produzido em arquivo apropriado.

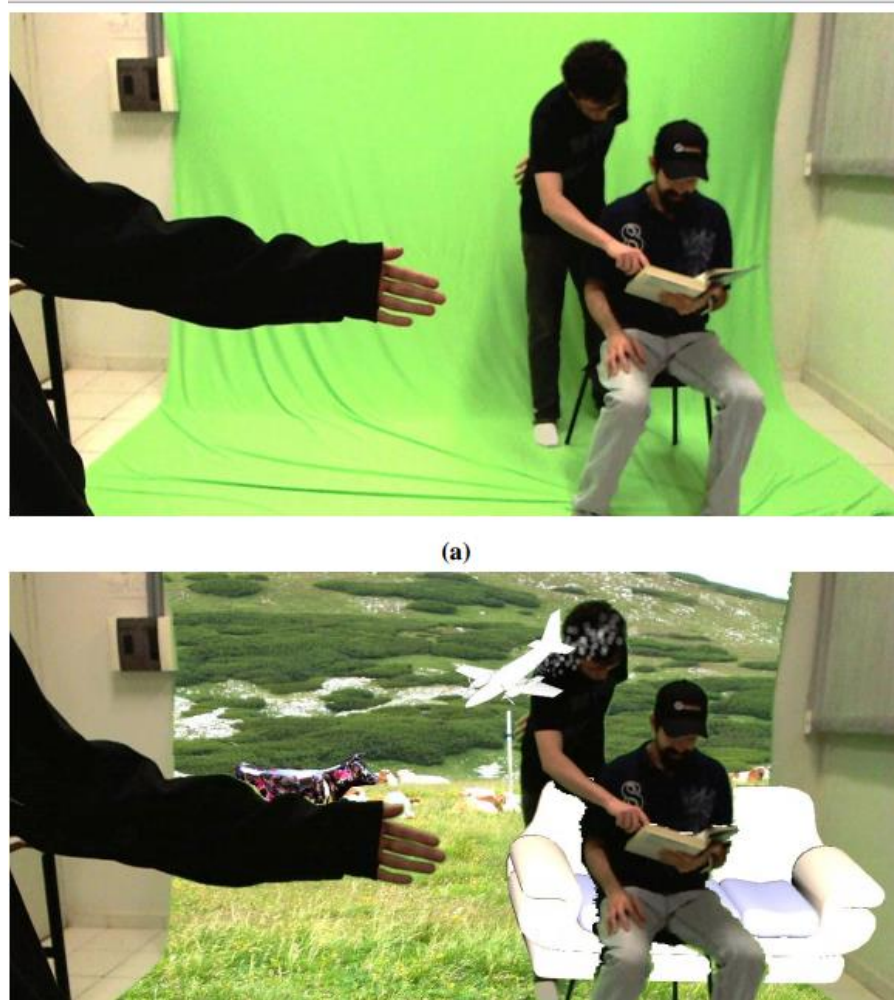
Figura 6 – Módulos do sistema ARSTUDIO



Fonte: GASPARI et al., 2014

Para complementar os módulos e possibilitar os testes, foi composta uma base de dados de modelos tridimensionais para inserção nas cenas, além de um conjunto básico de imagens para uso como fundo arbitrário.

Figura 7 - Interface do sistema e composições geradas no ARSTUDIO



Fonte: GASPARI et al., 2014

3.2 Funcionalidades do sistema

O protótipo do sistema ARSTUDIO possui diversas funcionalidades, entre as quais:

- A geração de cenas aumentadas, através da combinação das imagens capturadas por uma câmera e objetos virtuais 3D (gerados por computador) em tempo real;

- A capacidade de gerar cenas com coerência de profundidade entre elementos reais e virtuais, por meio do uso de marcadores fiduciais passivos e câmera de detecção de profundidade baseado em luz estruturada (Kinect da MicrosoftTM);
- Capacidade de inserção de uma base de objetos 3D gerados por escaneamento 3D e/ou modelagem manual;
- Capacidade de realização de transformações geométricas 3D em tempo real, por meio de uma interface amigável; e
- Substituição de fundo por imagens estáticas e vídeos, por meio do uso da técnica de chroma-key.

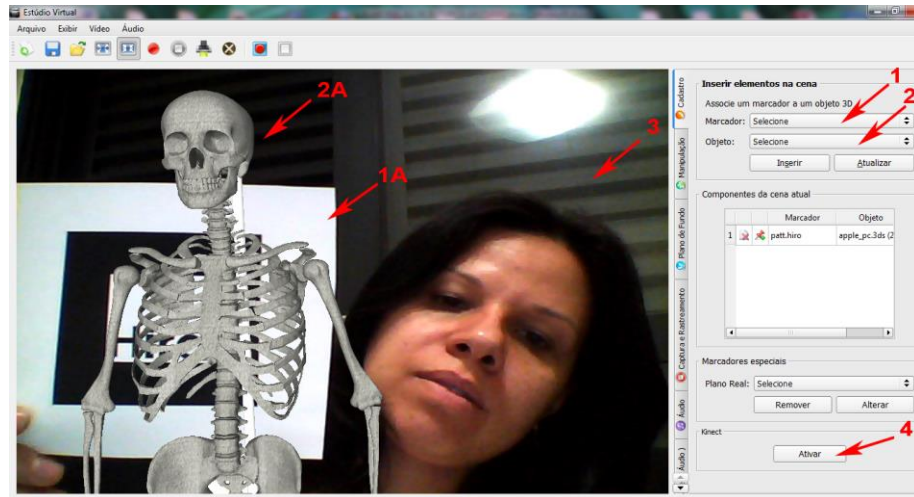
A Figura 8 exibe a interface do ARSTUDIO. A primeira aba da interface, denominada Cadastro, permite ao usuário realizar as seguintes ações (numeradas sequencialmente na Figura 8):

Esta opção permite a seleção de marcadores. O marcador é um padrão impresso que permite a inserção, em tempo real, de objetos sintéticos tridimensionais em cena. O sistema possibilita o cadastramento de um grande número de marcadores de diferentes tamanhos. Na Figura 8, o marcador selecionado foi o denominado “patt.hiro” (indicado por 1A).

Seleção dos objetos tridimensionais. Assim como os marcadores, é possível selecionar um grande número objetos virtuais previamente modelados. Os formatos de arquivos permitidos são: 3ds ou obj. O “esqueleto.3ds” é o objeto selecionado para ser associado ao marcador “patt.hiro”, conforme pode ser observado na Figura 8 (2A).

O retorno da imagem capturada pela câmera e aumentada pelos objetos virtuais associados aos marcadores é visualizado na sub-janela esquerda, bem como a ativação da câmera de profundidade do Kinect (Figura 8).

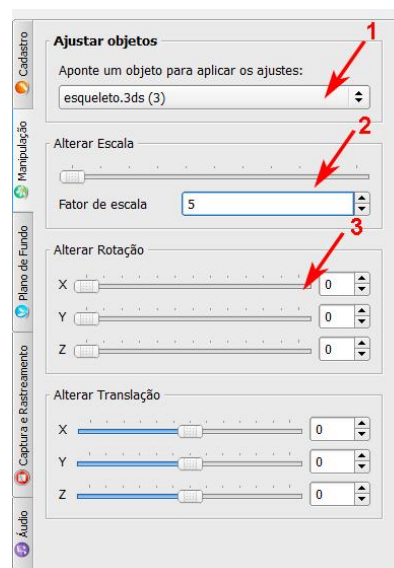
Figura 8: Interface do ARSTUDIO, aba Cadastro



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

A aba Manipulação permite a realização de ajustes na escala, posicionamento e orientação dos objetos virtuais e possui as seguintes funcionalidades, de acordo com a numeração mostrada na Figura 9: seleção do objeto virtual a ser manipulado; alteração da escala do objeto virtual, de acordo com a necessidade da cena; e alteração da rotação e translação do objeto no espaço tridimensional.

Figura 9: Interface do ARSTUDIO, aba Manipulação



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Conforme mostra a Figura 10, por meio da aba Plano de Fundo, o sistema permite a escolha de um novo fundo para a cena, implementando a técnica do *chroma-key* (para a segmentação da imagem) e o *matting* digital. A técnica do *chroma-key* consiste na identificação de partes da imagem em que se encontra uma determinada cor (“cor chave”) para separar o plano de fundo dos elementos de interesse.

O *matting* digital é o processo de composição de imagens digitais, podendo ser dividido em duas fases. A primeira fase é a extração dos objetos em primeiro plano, e a segunda é a combinação desses objetos em primeiro plano com um novo plano de fundo (WANG; COHEN, 2007).

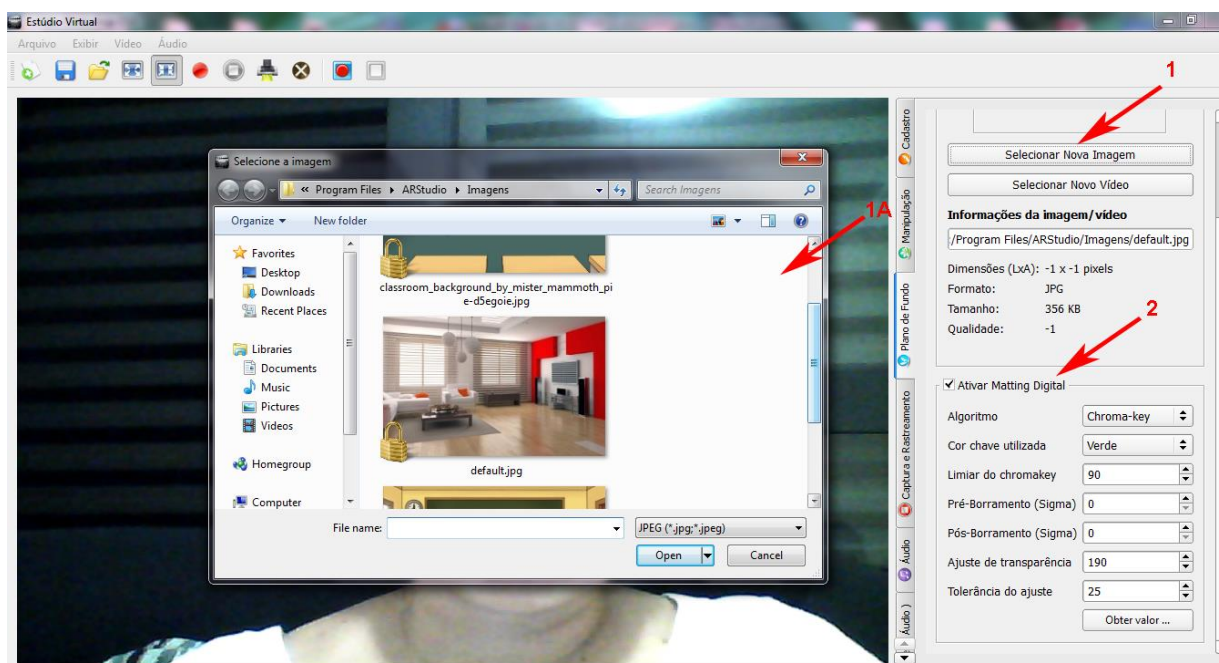
Uma nova imagem é, então, gerada combinando-se os elementos de interesse com um novo plano de fundo. Um exemplo clássico são as previsões meteorológicas na televisão (THOMAS, 2006).

De acordo com a numeração mostrada na Figura 10, temos as seguintes funcionalidades nesta aba:

Selecionar uma imagem ou um vídeo para composição do novo fundo (sub-janela 1A).

Ativação do *Matting* Digital e escolha do algoritmo de *chroma-key*.

Figura 10: Interface do ARSTUDIO, aba Plano de Fundo



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

3.3 *Chroma-key* ou Objetos 3D

Uma técnica bastante interessante dos Estúdios Virtuais é a substituição do cenário real por um cenário virtual. Com o sistema ARSTUDIO não é diferente. O sistema permite a substituição desses cenários através de técnicas de *chroma-key* ou inserção de objetos tridimensionais como fundo.

Sendo assim, o ARSTUDIO permite filmagens lineares devido ao cenário ser virtual. Por exemplo, a Cena 1, mostrada na Figura 11, onde o cenário é uma praia e a Cena 2, mostrada na Figura 12, onde o cenário é a entrada de uma escola, foram filmadas no mesmo cenário.

A técnica do *chroma-key*, como já citado, consiste na identificação de partes da imagem em que se encontra uma determinada cor (“cor chave”) para separar o plano de fundo dos elementos de interesse. Uma nova imagem é, então, gerada combinando-se os elementos de interesse com um novo plano de fundo.

Figura 11: Cena 1- cenário real e conteúdo gerado pelo ARSTUDIO



(a) Cena original

(b) A mesma cena com técnicas de *chroma-key*

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 12: Cena 2: cenário real e conteúdo gerado pelo ARSTUDIO



(a) Cena original

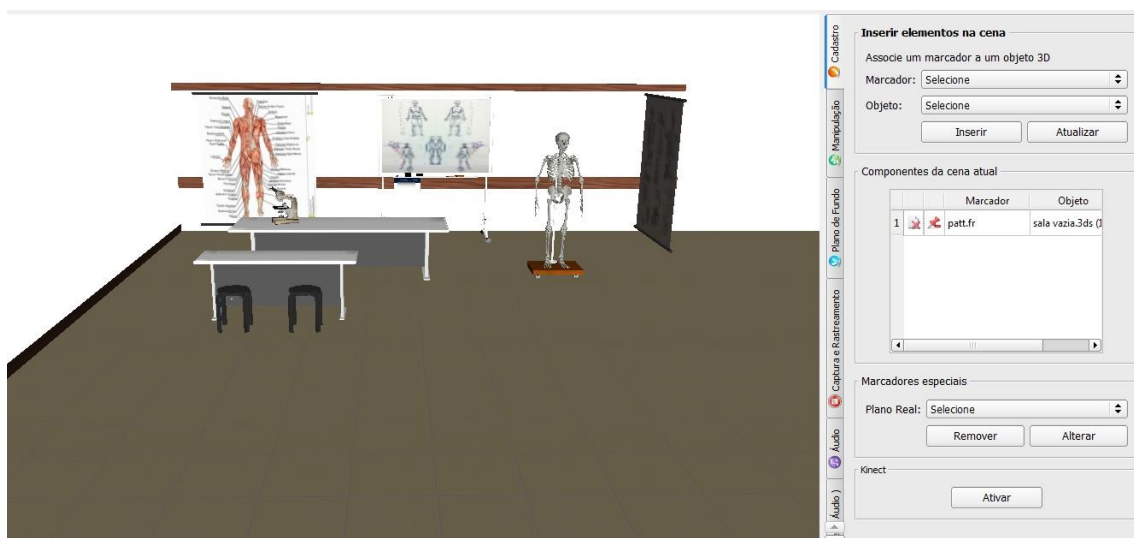
(b) A mesma cena com técnicas de *chroma-key*

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Uma outra técnica que pode ser utilizada, mais nova, é a possibilidade de inserir um cenário utilizando objetos 3D. Nesta técnica, exclui-se o *chroma-key* e substitui-se pelo objeto 3D. A Figura 13 mostra um cenário da aula de anatomia utilizando apenas tais objetos.

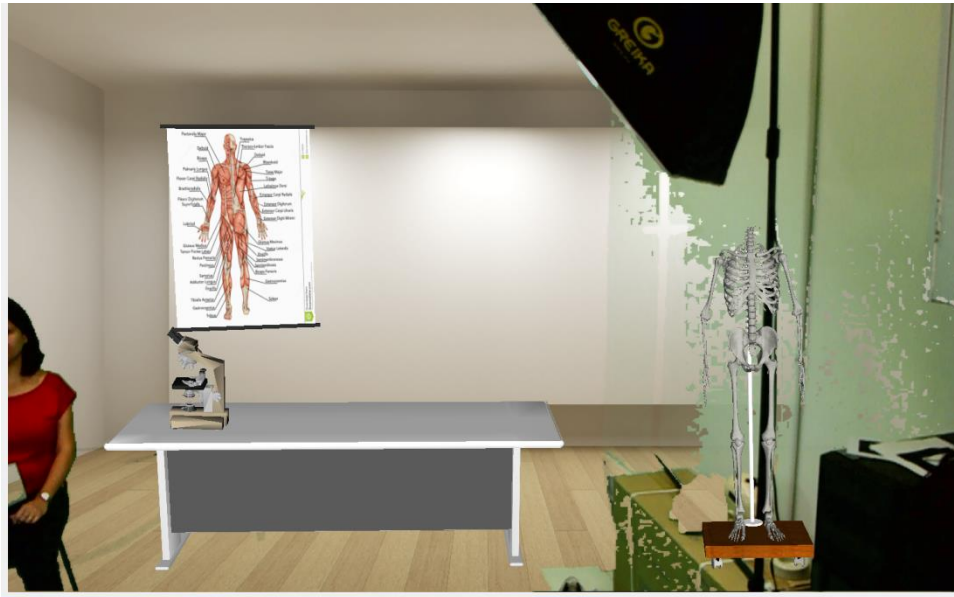
A vantagem dessa técnica é que é possível uma maior mobilidade da câmera, sem que haja alteração no cenário. Utilizando técnicas de *chroma-key*, a movimentação da câmera fica muito limitado, já que o cenário pode ficar distorcido, conforme Figura 14.

Figura 13: Cenário utilizando apenas objetos 3D



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 14: Visão distorcida do cenário devido a movimentação de câmera



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

4 A METODOLOGIA PROPOSTA PARA GERAÇÃO DE CONTEÚDO

Conforme mencionado no Capítulo 1, o principal objetivo deste trabalho é investigar e propor uma metodologia para facilitar o desenvolvimento de conteúdos digitais, principalmente vídeos, que envolvam a combinação e interação entre elementos reais e elementos virtuais (gerados por computador). Existem diversos métodos com esta finalidade utilizados na indústria televisiva e de cinema, na maior parte das vezes, criada a partir de forma empírica e baseados nas funcionalidades das tecnologias disponíveis. Algumas destas tecnologias (ou sistemas) foram levantados no Capítulo 2. O escopo do presente trabalho, no entanto, está direcionado ao uso de uma nova ferramenta, conhecida como estúdio virtual com realidade aumentada e denominada ARSTUDIO, cujas funcionalidades gerais foram descritas no Capítulo 3.

Devido a grande complexidade em gerar-se conteúdos utilizando Estúdios Virtuais, neste capítulo foi elaborada uma metodologia para geração de tais conteúdos. No entanto, a exploração das potencialidades e a redução de custos na geração de conteúdo por meio da utilização dos recursos dos estúdios virtuais, só poderão ser obtidas pelo desenvolvimento e adoção de um novo paradigma para a cadeia de produção.

4.1 Considerações sobre a cadeia de produção

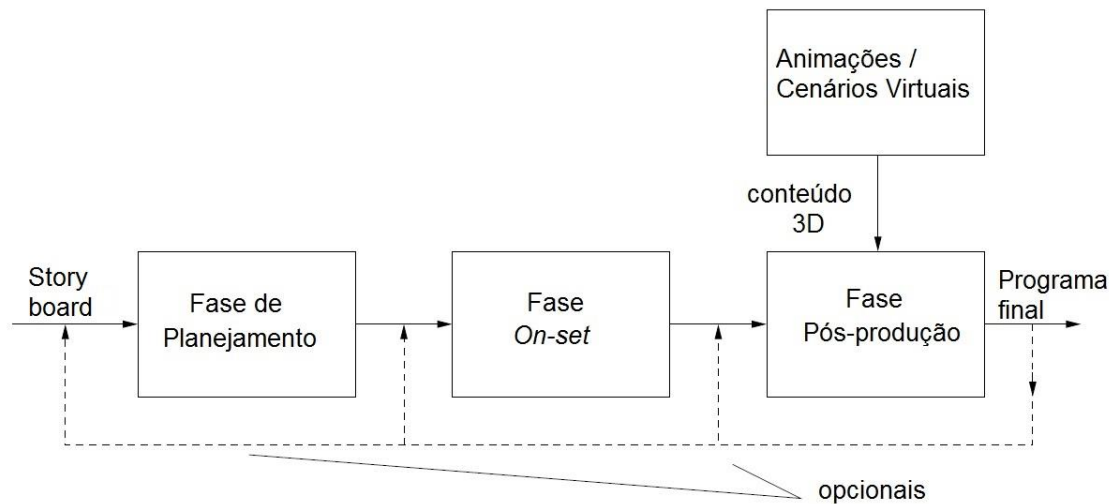
De acordo com Grau (2005), e mencionado no Capítulo 1, normalmente a produção de qualquer programa ou filme para televisão passa por três fases técnicas: fase de planejamento, fase *on-set* e fase de pós-produção.

A fase de planejamento, qual seja, a primeira fase para a produção de um conteúdo, também é conhecida como Pré-produção. Essa fase é caracterizada por todo o trabalho que é feito antes das filmagens. A Fase *on-set* é conhecida como a fase de Produção onde a filmagem é realizada, e após a filmagem o conteúdo entra na fase da Pós-produção.

Ainda segundo Grau (2005), no fluxo de trabalho tradicional, o conteúdo tridimensional (3D) é somente usado no estágio de pós-produção e, portanto, o

conteúdo virtual só é visível após toda a gravação em estúdio ter sido completada, conforme mostra a Figura 15.

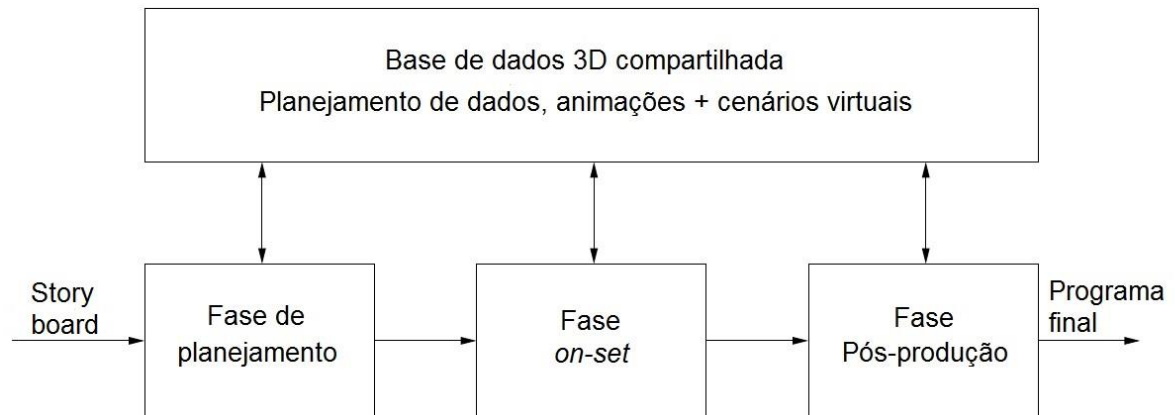
Figura 15: Cadeia tradicional de produção



Fonte: Adaptada de GRAU, 2005

Com a utilização de Estúdios virtuais, como por exemplo, o ARSTUDIO, exige-se uma modificação da cadeia de produção, para uma estrutura mais dinâmica. Nesta nova estrutura, com a utilização das técnicas de realidade virtual e aumentada, as animações, objetos e cenários virtuais podem ser visualizados e manipulados, tanto pelo diretor quanto pelos atores e operadores de câmeras, no decorrer da produção, conforme Figura 16. Tal modificação, no entanto, carece de uma metodologia clara capaz de redefinir, de forma coerente e otimizada, as funções de cada fase desta nova cadeia de produção.

Figura 16: Nova cadeia de produção utilizando Estúdio Virtual



Fonte: Adaptada de GRAU, 2005

Com já mencionado, em cada uma das três fases da produção de um conteúdo há várias atividades para executar. A Figura 17 mostra as atividades, e em que fase elas se encaixam, e serviu como base para a metodologia proposta.

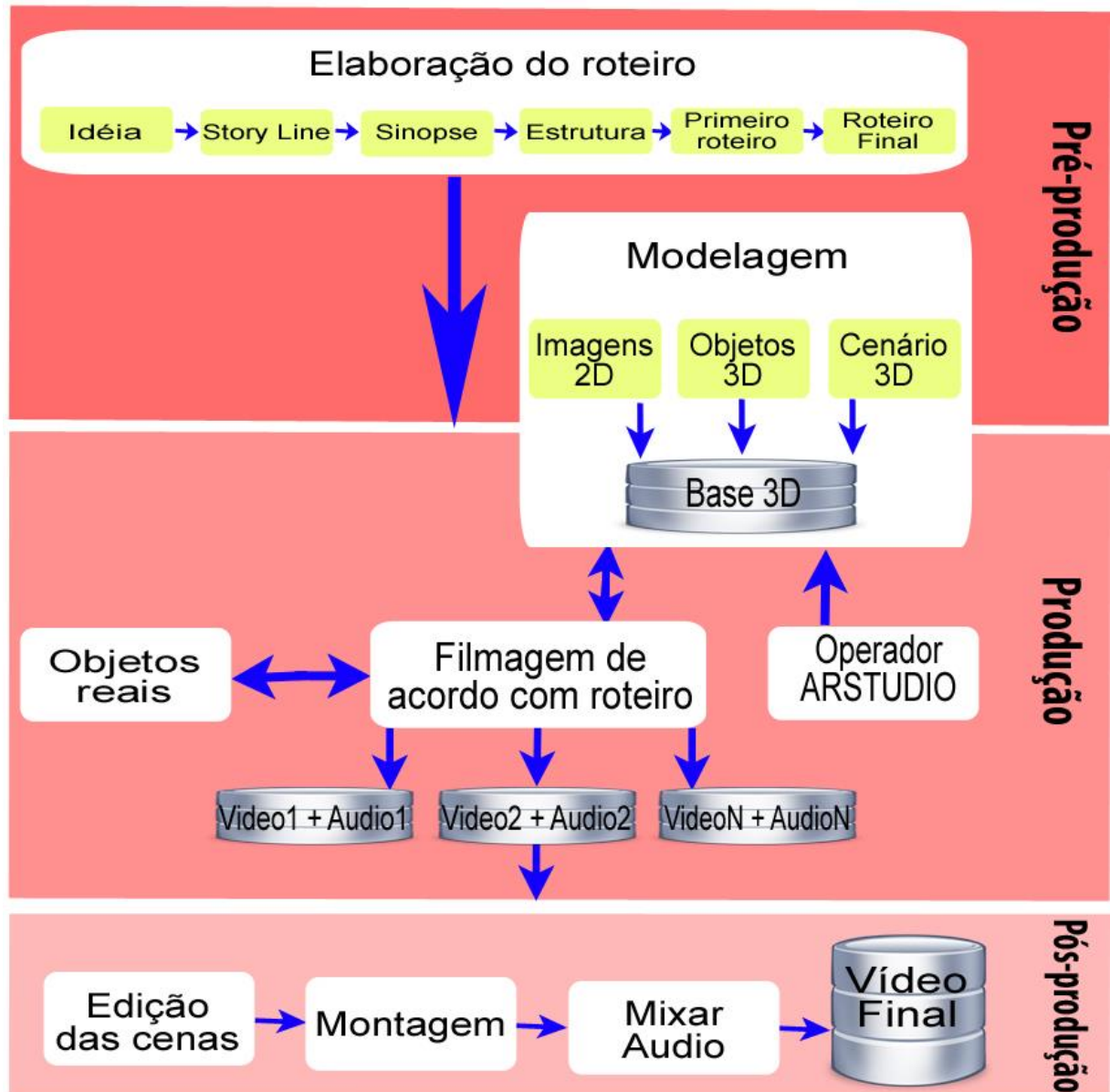
4.2 A metodologia proposta

Segundo Llagostera e Hildebrand (2009):

(...) Metodologias podem ser entendidas como conjuntos de regras, práticas e procedimentos aplicados a uma disciplina ou atividade. Se uma atividade cristaliza-se em torno de convenções sobre como deve ser desenvolvida, estabelecem-se metodologias que irão refletir em sua estrutura e enfoque os principais pressupostos que essa convenção favorece. (...).

Com base nesta definição, neste trabalho estruturou-se uma metodologia considerando-se a possibilidade de otimização da cadeia de geração de conteúdo promovida pela existência das funcionalidades do ARSTUDIO e embasada no conceito proposto inicialmente por Grau (2005).

Figura 17: Diagrama da metodologia proposta



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Conforme ilustrado na Figura 17, a metodologia proposta é composta de diversas atividades, as quais são discutidas em detalhe nas próximas seções.

4.2.1 Elaboração do Roteiro

A elaboração de um roteiro específico para geração de conteúdos com animações 3D é a primeira etapa da pré-produção, conforme mostra a Figura 17. Segundo Comparato (2000) existem seis etapas no processo que nos leva ao roteiro final:

- **1ª Etapa: Ideia** – Um roteiro sempre é iniciado e fundamentado a partir de uma ideia. A busca de ideias nem sempre é uma atividade fácil, pois são por vezes sutis e difíceis de alcançar. No entanto essas ideias serão convertidas no fundamento de um roteiro.
- **2ª Etapa: Conflito** – A ideia audiovisual ou dramática deve ser definida através de um conflito essencial (conflito-matriz), o qual se concretiza por meio de palavras. Começa então o trabalho de escrever, fazendo esboços e imaginando a história, tendo como ponto de partida a *story line*. Uma *story line* deve ser breve, concisa e eficaz.
- **3ª Etapa: Personagens** – As personagens viverão o conflito básico. O desenvolvimento da personagem faz-se através da elaboração do argumento ou sinopse. Nesta fase, desenha-se as personagens e localiza-se a história no tempo e no espaço. Na sinopse é fundamental a descrição das personagens principais. Resumindo, a sinopse é o reino da personagem.
- **4ª Etapa: Ação dramática** – É a maneira que vamos contar o conflito básico vivido pelas personagens. Na realidade é a construção da estrutura, ou seja, a organização do texto em cenas ou esqueleto formado pela sequencia de cenas.
- **5ª Etapa: Tempo dramático** – Dentro da cena se desenvolve uma ação dramática, que decorre num determinado tempo. Esse tempo pode ser lento, rápido, ágil, etc. Ou seja tempo dramático é quanto tempo terá cada cena.
- **6ª Etapa: Unidade dramática** – Chegados a este ponto, o roteiro deve estar pronto para ser gravado. É o roteiro final. É o momento em que a unidade dramática, a cena, torna-se real.

O processo de elaboração do roteiro final, ainda segundo Comparato (2000), de um ponto de vista mais operativo, pode ser dividido em: **1. ideia; 2. story line; 3. sinopse; 4. estrutura; 5. primeiro roteiro; 6. roteiro final.**

(...) Construir a *story line* é determinar o **conflito**; escrever a sinopse é descobrir as **personagens**; estruturar é organizar a **ação dramática**; elaborar o primeiro roteiro é chegar aos **diálogos** e ao **tempo dramático**; trabalhar o roteiro final é manejar as **cenas**, isto é, a **unidade dramática** (...) (COMPARATO, 2000, p. 29)

Sendo assim, é importante que o roteiro tenha as seis etapas bem definidas. Para geração de conteúdos com animações e cenários 3D notou-se a necessidade de realizar-se uma adaptação no formato tradicional nas etapas 5 e 6.

Normalmente num roteiro tradicional, as cenas são divididas e cria-se uma coluna para áudio e outra para vídeo. Nas etapas citadas, incluiu-se uma coluna adicional referente às ações do operador do Estúdio Virtual, uma vez que muitos dos efeitos especiais e animações devem ser configurados, em tempo real e sincronizados com a interpretação do ator, conforme mostrado no Quadro 4.

Quadro 4: Trecho de um exemplo de roteiro

	Vídeo	Áudio	Ação no Estúdio Virtual
CENA 1	Surfista entra em cena em cenário virtual que remete a uma praia ao fundo.	Música de fundo “The memory”	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente a uma cidade de praia.
CENA 2	Surfista senta em um bar e pede uma água de côco.	- Olá Boa tarde! - Por favor, eu gostaria de uma água de côco.	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente a um bar. Carregar os objetos “coco.3ds” associado ao marcadores “hiro.patt”.
CENA 3	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

O Quadro 5 sintetiza os principais passos metodológicos propostos nesta etapa.

Quadro 5: Elaboração do roteiro

Fase da cadeia produtiva: Pré-Produção		
Atividade Principal: Elaboração do roteiro		
Sub-atividades	Descrição	Considerações quanto a existência de elementos virtuais (objetos e/ou personagens)
1. Ideia	Fundamenta o roteiro	- Supostamente a ideia envolve elementos reais e virtuais
2. <i>Story line</i>	Determinação do conflito-matriz (conflito básico)	- Na <i>story line</i> pode-se, de forma sucinta, explicitar a existência de elementos virtuais
3. Sinopse	As personagens viverão o conflito básico. O desenvolvimento da personagem faz-se através da elaboração do argumento ou sinopse.	- Delinear as características (psicológicas e físicas) do personagens virtuais que farão parte do roteiro
4. Estrutura	Organizar a ação dramática , ou seja, a organização do texto em cenas ou esqueleto formado pela sequência de cenas.	- Determinar, para cada cena, quais os elementos virtuais envolvidos (objetos do cenário, fundo virtual, personagens virtuais, etc.)
5. Primeiro roteiro	- Determinação dos diálogos e o tempo dramático	- Determinar quanto tempo durará cada cena e o tipo de interação dos atores reais com os elementos virtuais (objetos ou personagens virtuais)
6. Roteiro final	- Refinamento de todas as cenas, chegando-se forma final do roteiro	- Associar a cada cena, as operações necessárias para que o operador do software de estúdio virtual possa sincronizar as ações dos elementos virtuais sob seu controle e previstas no roteiro - Caso seja necessário, sincronizar as ações realizadas por avatares comandados via <i>motion capture</i> com os atores reais

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

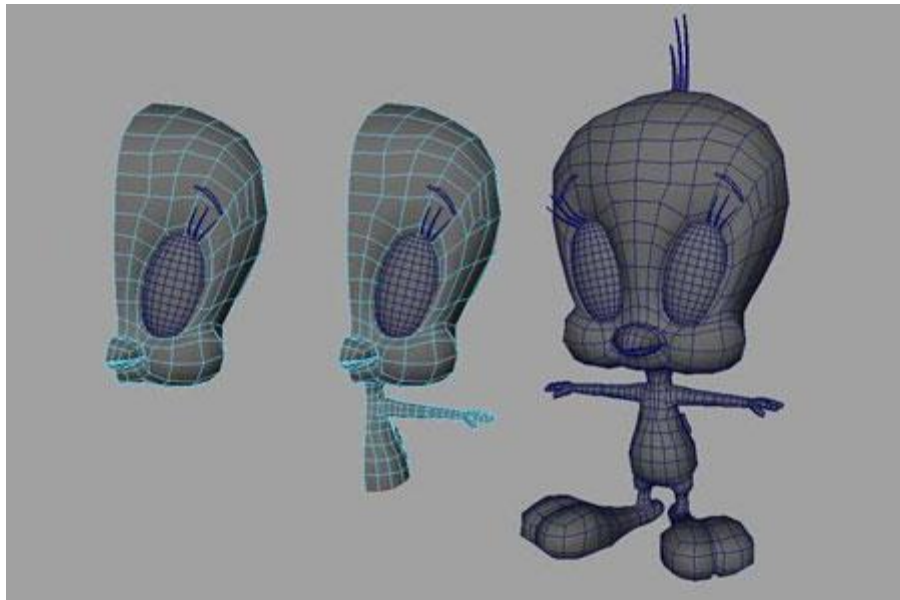
4.2.2 Modelagem de Objetos Virtuais

A criação de uma base de dados de objetos tridimensionais, é essencial para o funcionamento de qualquer estúdio virtual.

A modelagem tridimensional é o processo de desenvolvimento de uma representação matemática de qualquer superfície tridimensional de um objeto (seja inanimado ou vivo), através de software especializado. É basicamente a criação de formas, objetos, personagens, cenários.

A modelagem em três dimensões conta com uma enorme variedade de ferramentas e as mais conhecidas são: técnica por polígonos, técnica por vértices e técnica por bordas. Todas elas são realizadas através da criação de uma malha complexa de segmentos que dão forma ao objeto, conforme Figura 18.

Figura 18: Exemplo de modelagem de objeto



Fonte: ANIMAÇÃO 3D, 2014

Conforme Figura 17, a modelagem geralmente se inicia na pré-produção. Nesta fase, os modelos podem ser de baixa resolução, pois serão usados apenas para teste e pré-visualização. Como nota-se, a fase de modelagem continua até ao início de pós-produção, portanto os modelos serão produzidos em vários níveis de qualidade; modelos de alta resolução para produção final, de qualidade média para a animação e baixa qualidade para a pré-visualização.

A pré-visualização é um processo de mixar o roteiro de uma cena com objetos 3D de baixa resolução e sem texturas. A ideia é mostrar o roteiro em 3D para que o diretor possa ter uma ideia melhor de como a sequência vai funcionar e para que sejam definidos os movimentos de câmera antes da filmagem, sendo usado como um guia.

Existem várias formas de modelar um objeto. Neste trabalho, foram consideradas três formas principais: uso de softwares modeladores, modelagem por foto e escaneamento 3D.

4.2.2.1 Softwares Modeladores

Para modelagem em softwares modeladores, os meios mais comuns de criação de um modelo 3D é se basear em um objeto simples, chamado de primitivo, e estendê-lo ou fazê-lo crescer em uma forma que pode ser refinada e detalhada. Primitivo pode ser qualquer coisa de um único ponto (chamado vértice), uma linha de duas dimensões (uma extremidade) e uma curva (*spline*).

Existem muitos softwares modeladores, como exemplo: Maya, 3D Studio Max, 3DS Max, Soft Image, Cinema 4D, Houdini, Light Ware, AutoCad, ZBrush, entre outros. A vantagem desses softwares é que pode-se criar modelagens profissionais e específicas, com alto grau de detalhes. Em contrapartida, normalmente os softwares tem alto grau de complexidade e exige experiência do usuário.

Usando as características específicas do software, cada um destes primitivos pode ser manipulado para produzir um objeto. Quando você cria um modelo em 3D, normalmente você vai aprender um método para criar o seu modelo e se basear nele quando precisar criar novos modelos. Existem três métodos básicos que podem ser usados para criar um modelo 3D:

- **Modelagem Spline:** Um *spline* é uma curva no espaço 3D definido por pelo menos dois pontos de controle. Utilizar *splines* para criar um modelo é talvez a forma mais antiga e mais tradicional de modelagem 3D disponível. Uma gaiola de *splines* é criada para formar um “esqueleto” do objeto que você deseja criar. O software pode, então, criar um *patch* de polígonos para se estender entre dois *splines*, criando uma malha 3D em torno da forma. Modelagem *spline* não é muito usada hoje em dia para a criação de

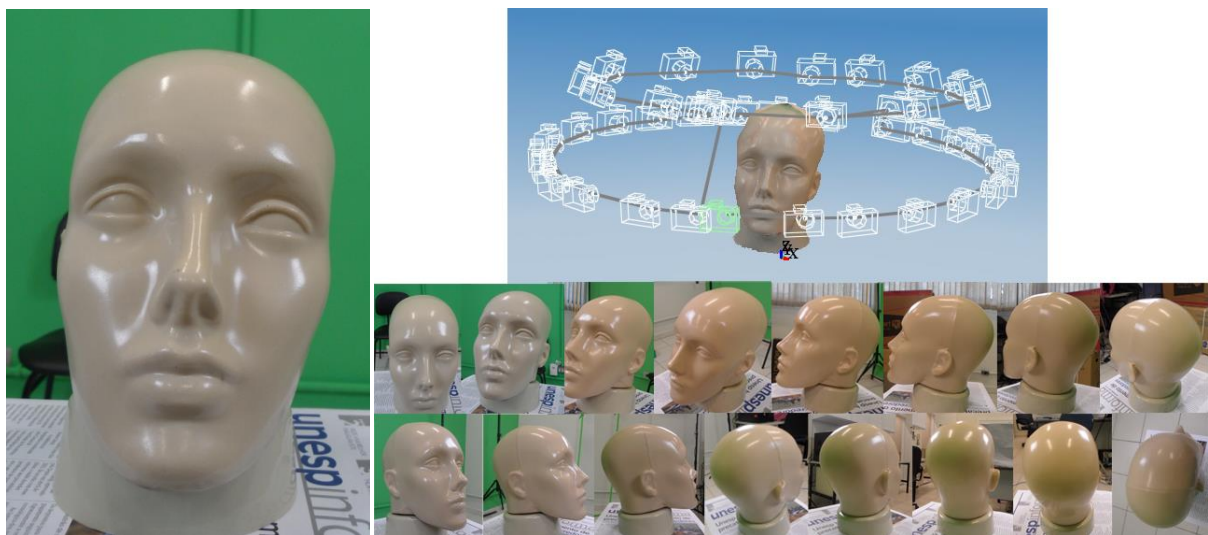
personagens, devido ao tempo que ela leva para criar bons modelos. Os modelos que são produzidos normalmente não são úteis para a animação sem que antes passem por diversas modificações. A modelagem *spline* é usada principalmente para a criação de objetos duros, como carros, edifícios e mobiliário. *Splines* são extremamente úteis na criação destes objetos, que podem ser uma combinação de formas curvas e angulares. Ao criar uma cena 3D que exigir formas curvadas, a modelagem *spline* deverá ser sua primeira escolha.

- **Box Modeling:** esta é provavelmente a técnica mais popular e tem bastante semelhança com a escultura tradicional. Iniciamos com um primitivo (geralmente um cubo) e a partir disso vamos adicionando detalhes ao “fatiar” o cubo em pedaços e estendendo as faces do cubo para criar, gradualmente, a forma que se almeja. As pessoas usam *box modeling* para criar a forma básica de um modelo. Uma vez praticado, a técnica é muito rápida para obter resultados aceitáveis. A desvantagem é que a técnica requer uma série de ajustes do modelo ao longo do caminho. Além disso, é difícil criar um modelo que possua uma topologia de superfície bem adequada a animação. O *box modeling* é útil como um meio de criação de modelos orgânicos, como personagens. Modeladores que usam esta técnica também podem criar objetos duros como edifícios, no entanto formas curvadas precisas podem ser mais difíceis de serem criadas usando esta técnica.
- **Modelagem Poly / Edge Extrusion:** Embora não seja a mais fácil de se começar, modelagem *poly* é talvez a técnica mais eficaz e precisa. Na modelagem *poly*, cria-se uma malha 3D ponto-a-ponto, face-a-face. Muitas vezes começa-se com um quadrado simples (um objeto 3D que consiste em 4 pontos) e realizamos uma extrusão de uma borda do quadrado, criando um segundo quadrado anexado ao primeiro. O modelo 3D é criado gradualmente dessa maneira. Apesar da modelagem *poly* não ser tão rápida como a *box modeling*, ela exige menos ajustes da malha e pode-se planejar a topologia para a animação com maior facilidade. Modeladores usam esta técnica para criar tanto objetos orgânicos quanto objetos duros, embora a modelagem *poly* seja mais indicada para os modelos orgânicos.

4.2.2.2 Modelagem a partir do uso de fotos

Estes softwares permitem a geração automática de formas 3D a partir de fotos comuns, em duas dimensões. Os aplicativos utilizam dezenas de fotos (cerca de 40 fotos) de todos os ângulos do objeto para criar um modelo 3D detalhado, conforme mostrado na Figura 19.

Figura 19: Fotos de vários ângulos do objeto



(a) Objeto real

(b) Fotos em vários ângulos do objeto real

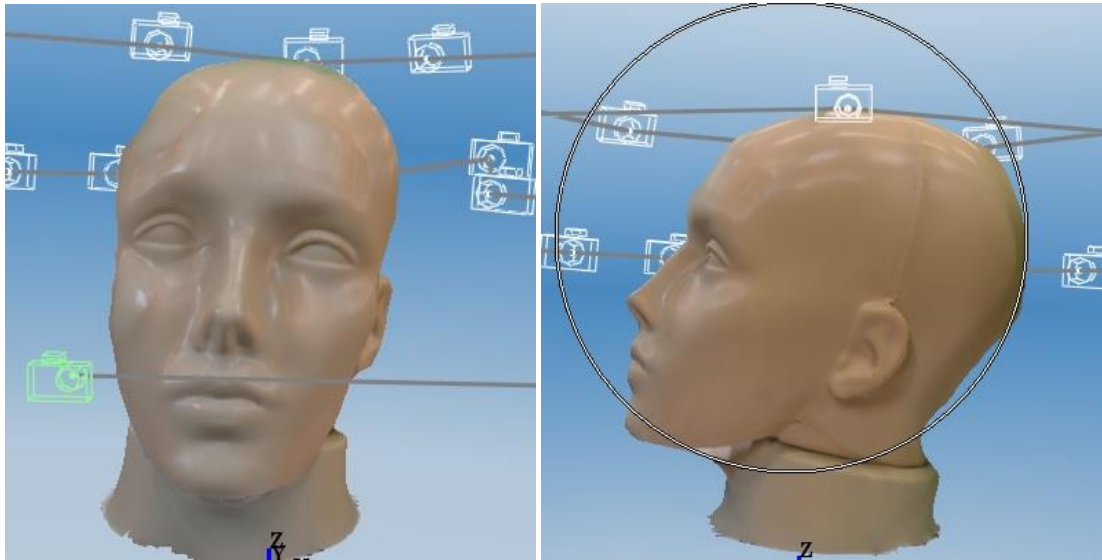
Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Os principais softwares pesquisados foram: *123D Catch*, *Interactive Visual Media Group*, *3-Sweep*. A vantagem desse método é a simplicidade e facilidade de operar e não exige tanta experiência por parte do usuário, no entanto, as fotos devem ter boa resolução (*HD* ou *full HD*) e em quantidade suficiente para não comprometer o modelo.

Neste método não é possível modelar objetos translúcidos, como exemplo, objetos com vidro. As fotos devem ter boa iluminação e não é aconselhável utilizar o *flash*. Objetos brilhantes que podem ter a cor alterada por outro objeto ou fundo em volta não apresentam boa qualidade de modelagem neste método.

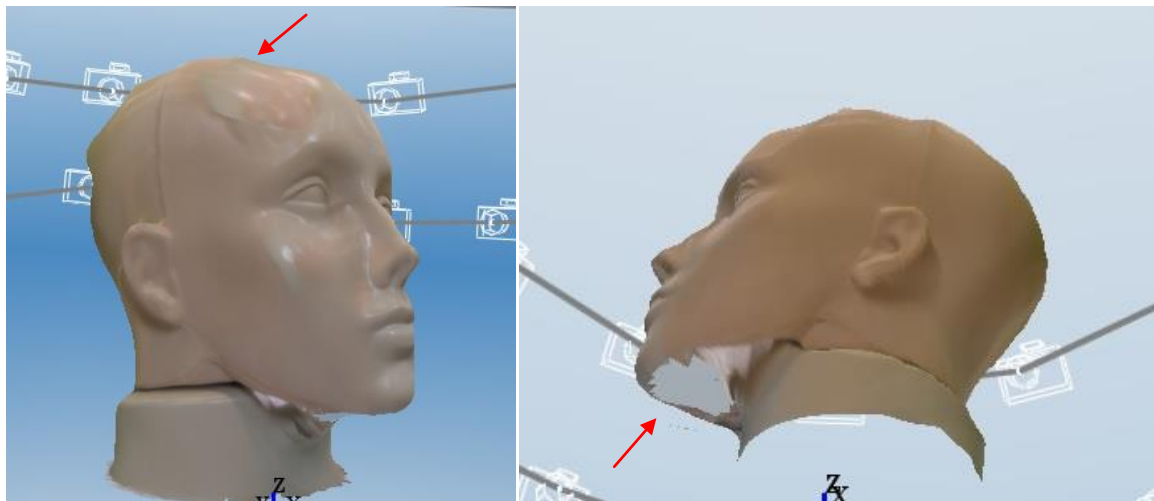
A Figura 20, mostra um exemplo de um modelo 3D que foi gerado utilizando o software *123D Catch* e a Figura 21 mostra algumas imperfeições que podem ocorrer devido a sombra e falta de fotos suficientes.

Figura 20: Modelos 3D gerado pelo 123D Catch



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 21: Exemplos de imperfeições na modelagem gerada



(a) Imperfeição provocada por sombra

(b) Imperfeição provocada pela falta de fotos

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

4.2.2.3 Scanners 3D

Os *scanners* 3D permitem a coleta de milhares ou até milhões de pontos, cada um com sua coordenada X,Y,Z em uma boa velocidade, com alta densidade de informações e que representam fielmente a realidade dos objetos coletados.

Apesar dos bons resultados, os *scanners* 3D manuais exigem uma grande habilidade manual, pois não são muito tolerantes a movimentos bruscos. Pode ser necessário repetir o escaneamento diversas vezes para um bom resultado.

A maioria dos *scanners* possui software que realizam tratamento nas imagens escaneadas, melhorando o modelo gerado.

O Quadro 6 sintetiza os principais passos metodológicos propostos nesta etapa.

Quadro 6: Modelagem e Geração da Base de Dados 3D

Fases da cadeia produtiva: Pré-Produção/Produção/ Pós- Produção	
Atividade Principal: Modelagem e Geração da Base de dados 3D	
Sub-atividades	Descrição
1. Escolha do tipo de modelagem	Determinar o tipo de modelagem mais adequado para a geração do objeto virtual: - Modelagem manual: pode ser usada se o objeto for simples ou não existir no mundo real - Modelagem baseada em fotos: pode ser usada se o objeto existir no mundo real e a precisão exigida não for elevada - Escaneamento 3D: pode ser usada se o objeto existir no mundo real e a precisão exigida não elevada
2. Determinação do nível de detalhe dos objetos virtuais	- Modelos 3D para pré-produção: baixa resolução (texturas simples e menor número de vértices e polígonos) - Modelos 3D para produção: média resolução (texturas mais detalhadas e número de vértices e polígonos) - Modelos 3D para pós-produção: alta resolução (texturas mais detalhadas e maior número de vértices e polígonos)
3. Planejamento da cena virtual/aumentada	- Determinação da Hierarquia entre os objetos em cena - Determinação da necessidade de personagens (avatares) articulados

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

4.2.3 Produção: filmagem de acordo com roteiro

Nesta próxima fase, procede-se a filmagem de acordo com o roteiro.

De acordo com Millerson (2009), o trabalho duro na fase de planejamento deve diminuir o número de problemas que ocorrem durante a produção. Isso não significa que não se terá problemas, mas deve, pelo menos, reduzir o número deles.

Ainda de acordo com Millerson (2009), durante a produção é quando o diretor finalmente dirige a equipe técnica para capturar o áudio e vídeo necessários para

comunicar a mensagem. O diretor interpreta o roteiro, motiva a equipe para fazer o seu melhor trabalho, e orienta os talentos para obter as melhores performances.

No caso da utilização de um estúdio virtual, a filmagem não ocorre em áreas externas, mas sim em estúdios preparados com equipamentos necessários para um melhor resultado. A Figura 22 mostra um modelo de estúdio que pode ser utilizado para filmagem.

Conforme mostrado na Figura 22, no estúdio real pode ter um espaço para a tela de *chroma-key*, se essa tecnologia for utilizada. Se na filmagem for utilizada somente objetos 3D como fundo, não é necessário tela de *chroma-key*.

O operador do estúdio virtual tem uma participação importante na filmagem. O operador é o responsável por interagir e manipular os objetos virtuais durante a filmagem das cenas. Um computador comercial de alta performance é suficiente para a operação do software e mais 2 monitores para que o operador tenha uma visão mais ampla do cenário.

Figura 22: Modelo de Estúdio



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

É importante também ter uma tela de retorno para o ator. Assim, o ator consegue interagir com os objetos virtuais de maneira mais precisa, já que estes são objetos que não existem no mundo real. Por exemplo, para que o ator “pegue” um objeto virtual com as mãos, alguma forma de retorno é imprescindível.

Com essa tecnologia montada, é possível a filmagem das cenas de maneira contínua, já colocando os objetos virtuais.

Conforme discutido anteriormente, no roteiro final, normalmente as cenas são divididas. Sendo assim, para cada cena pode ser gerado um arquivo de áudio e um de vídeo separadamente (Figura 17). Esses arquivos servirão de entrada para a atividade de edição, já na fase de Pós-produção.

O Quadro 7 sintetiza os principais passos metodológicos propostos nesta etapa.

Quadro 7: Filmagem de acordo com o roteiro final

Fases da cadeia produtiva: Produção	
Atividade Principal: Filmagem de acordo com o roteiro final	
Sub-atividades	Descrição
1. Cenas com interação entre atores e cenário virtual	- Os atores reais podem interagir com objetos 2D que compõem o cenário virtual. Existem várias maneiras de realizar esta interação, dependendo das funcionalidades do estúdio virtual. Por exemplo, pode-se fazer uso de marcadores fiduciais, objetos tangíveis, reconhecimento de gestos (<i>motion capture</i>) e por comandos vocais. - O roteiro final deve descrever claramente o tempo e o tipo de interação a ser executada, e se o operador do software deve realizar alguma configuração em tempo de filmagem.
2. Cenas com interação entre atores e personagens virtuais	- Esta forma de interação é mais sofisticada, pois o ator poderá ter que interagir (ou dialogar) com personagens gerados sinteticamente. Uma forma é disparar, sincronamente, personagens animados por simulação. Uma outra alternativa, caso o estúdio virtual permita, é realizar a captura de movimentos (<i>motion capture</i>) de atores reais e transpô-los, em tempo real, para avatares articulados. - O roteiro final deve descrever claramente o tempo e o tipo de interação a ser executada.
3. Cenas com interação composta	- Os atores poderão ter que interagir, tanto com objetos virtuais do cenário, quanto com personagens virtuais (dirigidos por simulação ou por <i>motion capture</i>). - O roteiro final deve descrever claramente o tempo e o tipo de interação a ser executada, e se o operador do software deve realizar alguma configuração em tempo de filmagem.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

4.2.4 Pós-produção: edição das cenas, montagem e adição de som

A fase de produção, como já mencionado, gerará vídeos e áudios separadamente. Normalmente é gerado um vídeo e um áudio para cada cena.

Na fase de pós-produção, executa-se a edição dos vídeos. De acordo com Millerson (2009), tudo o que foi filmado anteriormente, agora é reunido de forma sequencial. Os erros podem ser corrigidos e podem ser acrescentados efeitos visuais, sonoros e músicas. O objetivo é um conteúdo final, sem quaisquer problemas de produção perceptíveis.

Ainda de acordo com Millerson (2009), durante o processo de edição, um conjunto de decisões necessita ser feito:

- Qual das tomadas disponíveis que você quer usar? Lembrando que em um show ao vivo, as escolhas são irrevogáveis;
- Qual é a sequência do conteúdo final?
- Em que momento exatamente você quer mudar de uma cena para a próxima?
- Como será feita a transição de uma cena para outra? Transições incluem cortar cenas.
- Quão rápido ou lento vai ser essa transição?
- Existe uma boa continuidade entre as imagens, bem como som que mostram uma ação contínua?

Cada uma dessas decisões envolve fazer tanto uma operação mecânica e uma escolha artística. Até mesmo a edição mais simples (um corte de uma imagem para a seguinte) pode criar um efeito muito diferente. Esse processo de decisões é definido como fase de montagem.

Após a tomada de decisões na fase de montagem, é a vez da edição de áudio. Além do som natural da ação, produções podem incluir música, som de efeitos especiais recebidos de uma variedade de fontes. Tal como acontece com edição de imagem, o áudio pode ser selecionado e misturado ao vivo durante a produção, mas normalmente a trilha sonora é construída durante a pós-produção.

O Quadro 8 sintetiza os principais passos metodológicos propostos nesta etapa.

Quadro 8: Edição de Cenas, Montagem e Adição de Áudio

Fase da cadeia produtiva: Pós-Produção	
1. Atividade Principal: Edição de Cenas	
Sub-atividades	Descrição
1. Realização de recortes e adaptações nas cenas geradas com realidade aumentada	- Realização de recortes e adaptações necessárias nas cenas gravadas.
2. <i>Reprocessamento dos elementos virtuais</i>	- Pode ser necessária a inserção de efeitos especiais não realizados em tempo de filmagem ou o reprocessamento dos modelos virtuais com maior resolução, usando-se as informações coletadas em tempo de filmagem. Outras atividades de renderização mais sofisticadas, como por exemplo, o cálculo de sombras, uso de algoritmos de sombreamento de superfície, e outras, também podem ser aplicadas nesta fase. Neste caso, durante o tempo de filmagem, além do vídeo renderizado com objetos gerados em tempo real, deve-se também ter sido armazenado a filmagem original (vídeo sem nenhum efeito).
2. Atividade Principal: Montagem	
Sub-atividades	Descrição
1. Escolha das cenas	- Escolha das melhores cenas, de acordo com a preferência do diretor e do diretor de montagem
2. <i>Encadeamento das cenas</i>	- Encadeamento das cenas selecionadas em uma sequência linear e como serão feitas as transições de uma cena para outra
3. Atividade Principal: Adição de Áudio	
Sub-atividades	Descrição
1. Correção de erros de áudio	- Eliminação de erros de áudio, tais como ruídos de fundo.
2. <i>Adição de efeitos sonoros</i>	- Objetos reais e virtuais podem exigir a sincronização de sons específicos que podem ser adicionados nesta fase
3. <i>Adição de trilha sonora</i>	- De acordo com o roteiro, pode ser prevista a adição de trilha sonora para enfatizar a ação dramática

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

5 TESTE DA METODOLOGIA PROPOSTA

De acordo com a metodologia descrita no capítulo 4, foi gerado um programa piloto, como prova de conceito, denominado “Aula de Anatomia: Esqueleto”. O conteúdo gerado seguiu todas as etapas dessa metodologia, para que esta pudesse ser validada e utilizou-se os recursos existentes no sistema ARSTUDIO.

Iniciando pela fase de Pré-produção, foi elaborado um roteiro específico de acordo levando-se em consideração as funcionalidades do ARSTUDIO. Em seguida, foi desenvolvida a modelagem dos objetos utilizados em cena. Na próxima fase, Produção, foram filmadas as cenas de acordo com o roteiro e depois a edição e montagem das cenas com áudio, na fase final. A descrição completa do teste realizado é apresentado neste capítulo.

5.1 Elaboração do roteiro

Tomando por base a metodologia proposta, as etapas de elaboração do roteiro do programa piloto são sucintamente descritas a seguir.

1ª Etapa: Ideia

Consistiu em uma aula de anatomia, com toques de humor, voltada para o ensino fundamental.

2ª Etapa: *Story line*

Uma jovem professora tenta utilizar um esqueleto virtual (nosso objeto de aprendizagem) para ensinar conceitos básicos de anatomia, porém o mesmo insiste em se movimentar, atrapalhando a explicação e gerando situações cômicas.

3ª Etapa: Sinopse

A história começa em uma manhã de verão, em uma escola pública qualquer do país. É dia de aula de Ciências. Sra. Erika, uma jovem e atrapalhada professora, chega nervosa e atrasada, pois é sua primeira aula no ensino fundamental. Ao adentrar no corredor da escola se assusta com uma cabeça de esqueleto. Recompõe-se, entra na sala de aula e inicia a aula de Ciências, tentando utilizar um esqueleto existente na sala. O que a professora não contava é que o esqueleto tinha

outra opinião, movimentando-se de maneira imprevisível e inviabilizando a aula. A professora dá-se por vencida e termina, furiosa, a aula.

4ª Etapa: Estrutura

O argumento foi dividido nas seguintes cinco cenas de curta duração:

Cena 1 – Exterior de uma cidade praiana/ Localização da história.

Cena 2 – Em frente a uma escola, a professora chega apressada.

Cena 3 – A professora entra na escola e se assusta com uma cabeça de um esqueleto (objeto virtual).

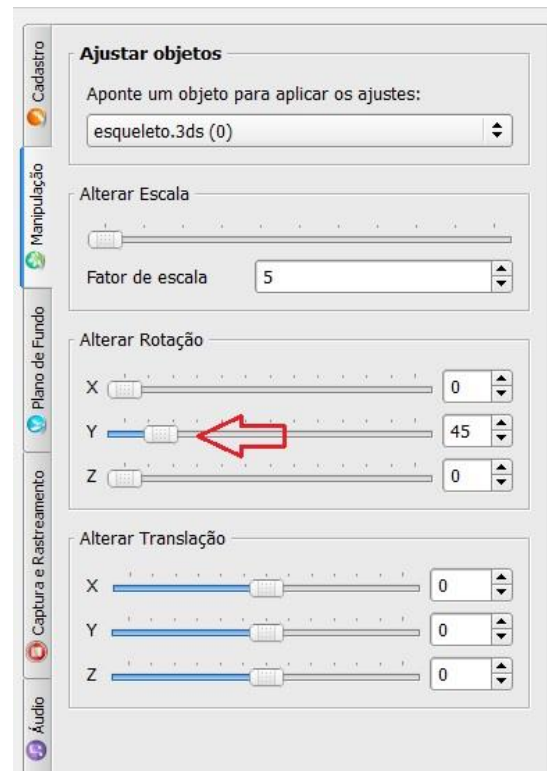
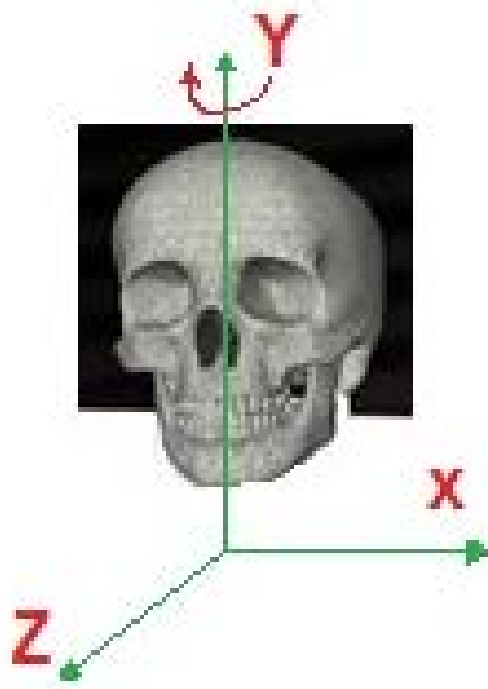
Cena 4 – Sala de Aula. A professora se apresenta. Esclarece sobre o assunto da aula. Sem que a professora perceba, o crânio do esqueleto volta-se para ela.

Cena 5 – Inicia a explicação e nota que o crânio está em posição diferente. Tenta colocá-lo na posição correta, porém o mesmo não fica no lugar. Consegue agarrá-lo e coloca-o no lugar. Tenta dialogar com o cérebro para que volte à sua forma original, mas desta vez, o corpo é quem se movimenta. A professora desiste da aula e sai enfurecida.

5ª Etapa: Primeiro roteiro

Na elaboração do primeiro roteiro, notou-se a necessidade de realizar-se uma adaptação no formato tradicional, incluindo-se uma coluna adicional referente às ações do operador da ferramenta (ARSTUDIO), uma vez que muitos dos efeitos especiais e animações devem ser configurados, em tempo real e sincronizados com a interpretação do ator. Por exemplo, na cena 4, para fazer com que o crânio vire-se para o ator, o operador da ferramenta deve realizar a operação de rotação no eixo Y, utilizando a interface disponível na aba “Manipulação”, conforme mostra a Figura 23.

Figura 23: Manipulação do crânio virtual prevista no roteiro “Aula de Anatomia”



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

6ª Etapa: Roteiro final

O Quadro 9 exibe um trecho do roteiro final, o qual inclui uma coluna adicional prevendo-se as ações do operador do ARSTUDIO.

Quadro 9: Roteiro “Aula de Anatomia”

	Vídeo	Áudio	Ação no ARSTUDIO
CENA 1	Professora em cena em cenário virtual que remete a uma calçada com uma praia ao fundo.	Música de fundo Calm me - More calming classrooms.mp3	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente ao exterior de uma cidade de praia.
CENA 2	Professora em cena em cenário virtual que remete a entrada da escola.	Música de fundo Calm me - More calming classrooms.mp3	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente a entrada da escola.
CENA 3	Professora em cena em cenário virtual que remete ao corredor da escola.	Música de fundo Calm me - More calming classrooms.mp3	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente ao corredor da escola. Carregar os objetos “armario.3ds”, “cabeça.3ds” e “manequim.3ds”, associados ao marcador “hiro.patt”.
CENA 4	Professora em cena em cenário virtual que remete a um laboratório de anatomia. Aparece ao lado da professora um esqueleto em 3D. Sem que a professora perceba o crânio vira-se para ela.	Oi Pessoal! Eu sou a professora Érika. Hoje nós vamos ter uma aula especial de anatomia. Nós vamos aprender um pouco sobre o esqueleto. Como todos vocês já sabem, o esqueleto é formado pelos ossos. Nosso corpo tem 206 ossos que variam de formato e tamanho.	Ativar o <i>chroma-key</i> selecionando o fundo correspondente a sala de aula. Carregar os objetos “mesa.3ds”, “microscopio.3ds”, “painel.3ds” associados ao marcador “hiro.patt” Carregar os objetos “cabeca.3ds”, “corpo.3ds”, associados ao marcador “canji.patt”

Continuação Quadro 9: Roteiro “Aula de Anatomia”

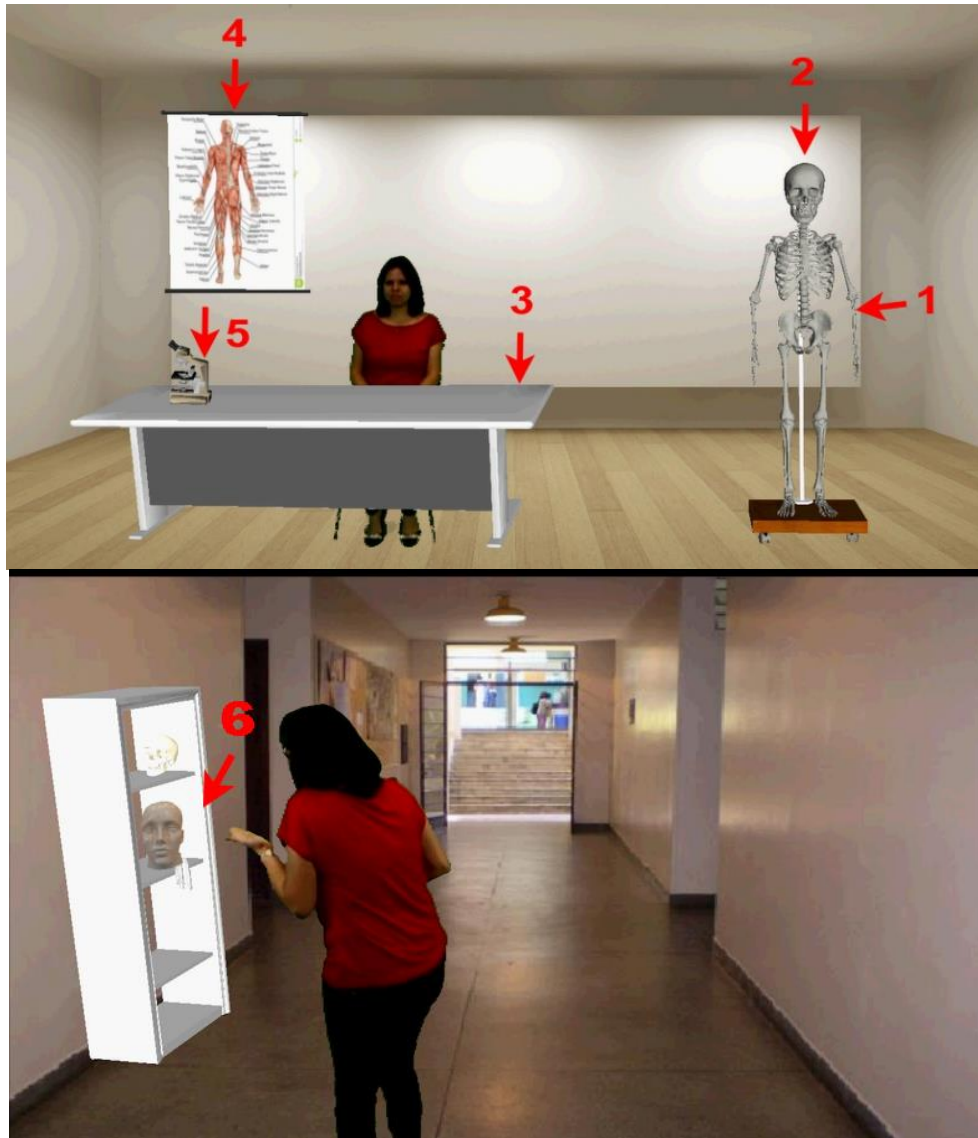
	Vídeo	Áudio	Ação no ARSTUDIO
CENA 4		O maior deles, o fêmur que fica na coxa. E o menor, o estribo, fica dentro do ouvido... O esqueleto, além de sustentar o corpo, permite que nos movimentamos e protege nossos órgãos vitais. Ou seja, nosso cérebro é protegido pelo crânio.	
CENA 5	Professora em cena em cenário virtual que remete a um laboratório de anatomia. Aparece ao lado da professora um esqueleto em 3D A cabeça do esqueleto sai do lugar, depois é o corpo que se mexe.	Música de fundo Bring Me To Life.mp3	Carregar os objetos “corpo.3ds”, “mesa.3ds”, “microscopio.3ds”, “painel.3ds” associados ao marcador “hiro.patt” Carregar o objeto “cabeça.3ds” associado ao marcador “canji.patt”

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

5.2 Modelagem dos objetos

Foram utilizados 6 objetos virtuais diferentes no programa piloto “Aula de Anatomia”. A Figura 24 mostra todos os objetos virtuais utilizados nas cenas 3, 4 e 5.

Figura 24: Objetos virtuais utilizados no programa piloto

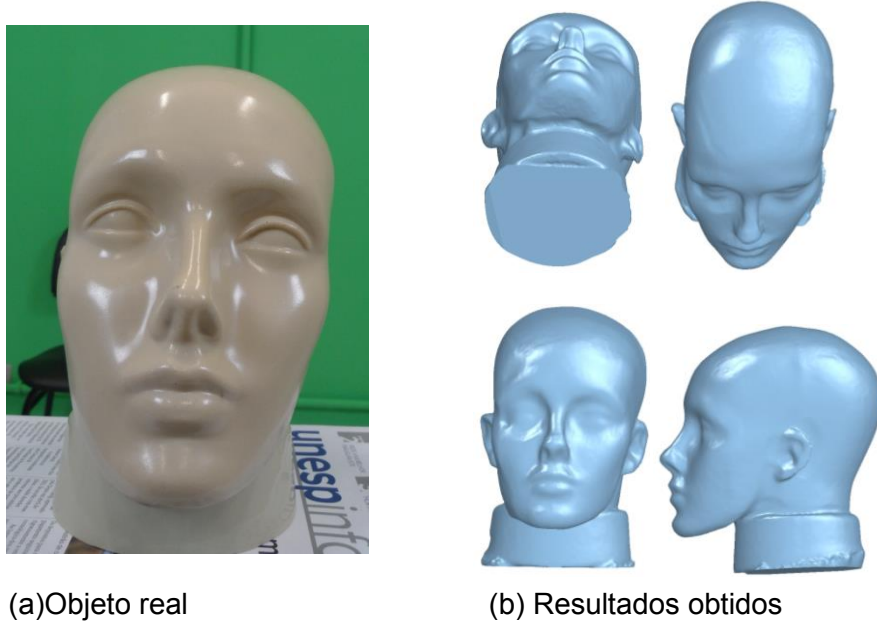


Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Os objetos virtuais mostrados na Figura 24 foram modelados da seguinte forma:

- O corpo do esqueleto, cabeça do esqueleto, mesa do professor, painel e microscópio foram modelados usando-se o Software Modelador 3D Studio Max.
- A cabeça de manequim foi gerada a partir de fotos com o software 123D Catch, conforme mostrado na Figura 25.

Figura 25: Geração de modelo a partir do uso de fotos de objeto real



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

5.3 Filmagem das cenas

Conforme descrito no roteiro, foram filmadas 5 cenas na composição do programa piloto. Para a filmagem foi montado um estúdio real, de acordo com o modelo mostrado na Figura 22. Todas as cenas foram filmadas em um mesmo cenário.

As Figuras 26 e 27 mostram o estúdio real montado. A Figura 26 mostra a visão do ator no cenário, com a tela de retorno. Na tela de retorno é possível que o ator visualize sua interação com o cenário virtual.

A Figura 27 mostra a visão do operador do ARSTUDIO, câmeras, iluminação e *chroma-key* montados.

Figura 26: Estúdio real – visão do ator



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 27: Estúdio real – visão do operador do ARSTUDIO



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

As cenas 1 e 2 são as mais simples e foram gravadas apenas utilizando recursos de *chroma-key*, conforme mostrado na Figura 28.

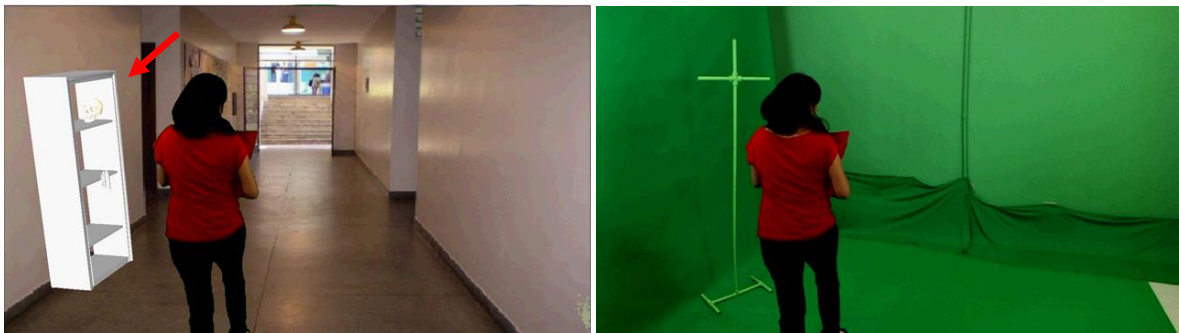
Figura 28: Cena 2 – Professora chegando atrasada



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

As cenas 3 e 4 foram gravadas utilizando recursos de *chroma-key* e com a inserção de objetos virtuais. A Figura 29 mostra o cenário real e o virtual gerado pelo ARSTUDIO com os objetos virtuais.

Figura 29: Cena 3 – Professora no corredor da escola

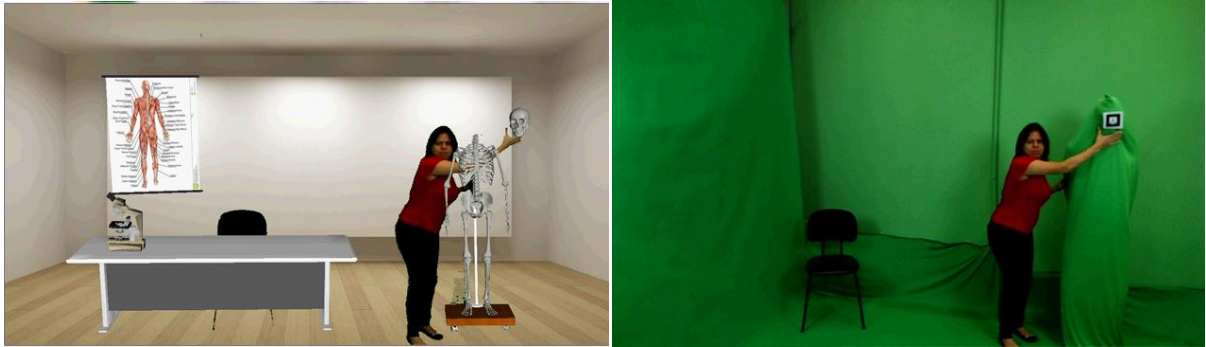


Fonte: Elaborada pelo próprio autor

A cenas 5, além de utilizar recursos de *chroma-key* e inserção de objetos virtuais, também houve interação do ator com esses objetos. A Figura 30 mostra como foi re

alizada uma parte da cena, onde o ator segura a cabeça do esqueleto. Foi utilizado uma pessoa vestida de verde (cor chave escolhida) para que ator pudesse segurar a cabeça e um marcador associado ao software.

Figura 30: Cena 5 – Interação do ator com os objetos virtuais



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

5.4 Edição das cenas

As cenas foram editadas de acordo com a metodologia proposta. Foi utilizado o software de edição *Windows Movie Maker*.

Nas cenas 1, 2 e 3 foi adicionada uma trilha sonora de acordo com o roteiro e nas cenas 4 e 5 foi realizada uma sincronização entre o vídeo e áudio gerados pelo ARSTUDIO.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De um modo geral, foi possível gerar um conteúdo satisfatório com a ferramenta ARSTUDIO, mas durante a geração do programa piloto foi possível observar algumas configurações importantes a serem respeitadas e também algumas limitações da ferramenta. Aspectos como *Matting Digital*, iluminação, objetos 3D modelados, posicionamento de câmeras e som tiveram relevância na qualidade do conteúdo gerado.

6.1 *Matting Digital*

A ferramenta ARSTUDIO, conforme citado no capítulo 3, possui o recurso de operar com cenários virtuais bidimensionais (imagens e vídeos), ativando assim o recurso *Matting Digital*, conforme Figura 10. Quando essa opção é utilizada, é importante observar algumas configurações.

Por exemplo, a utilização da técnica *Color Difference Key*, como esperado, gerou resultados melhores se comparado com os resultados da utilização do algoritmo do *chroma-key*, pois o fundo verde está sendo melhor reconhecido e portanto substituído de forma mais correta.

6.2 Iluminação

Para que se tenha um bom resultado, é importante uma iluminação adequada. Algumas boas práticas de iluminação são:

- É essencial minimizar a variação de cores no fundo. Isso significa uma iluminação uniforme para evitar manchas e sombras. Eliminando as sombras dos atores e objetos reais em cena, faz com que o algoritmo do *Matting Digital*, ao analisar os frames por processamento de imagem, consiga analisar melhor os frames no tom correto.
- Manter a câmera o mais longe possível do fundo. É melhor aumentar a distância, mesmo que seja necessário realizar algum corte de áreas em branco.
- Evitar movimentos, fazendo somente tomadas paradas.

- Usar a profundidade de campo. Deixe o fundo um pouco desfocado, esta é uma maneira fácil de esconder as rugas e costuras do fundo.

6.3 Objetos 3D

Os objetos 3D precisam ser testados junto com os marcadores para que se possa definir qual o tamanho do marcador que melhor se adapta à situação e ao tipo de objeto. Também tem que ser levado em consideração a resolução da câmera. Quanto maior é a resolução, menor poderá ser o marcador e vice-versa.

Se o marcador estiver pequeno demais (empiricamente abaixo de 4 cm, para a câmera utilizada), o mesmo poderá não ser corretamente detectado e o objeto 3D poderá sofrer alguma falha na renderização, comprometendo a qualidade do conteúdo.

6.4 Áudio

A geração do áudio foi uma limitação importante observada na ferramenta. Isso porque o áudio é gerado em um arquivo separado. Isso causa um problema de sincronização na fase da edição.

Para resolver parcialmente esse problema, foi necessário diminuir a quantidade de frames por segundo dos vídeos para um ajuste do tempo do vídeo com o áudio. Mesmo com essa solução, a sincronização não ficou perfeita.

7 CONCLUSÕES

Durante a elaboração deste trabalho, pode-se constatar que os estúdios virtuais vêm sendo utilizados desde o final da década de 80 e seus recursos tem possibilitado a otimização da cadeia de produção de conteúdo digital, principalmente na televisão e no cinema. Tal otimização vem exigindo uma constante reformulação nas metodologias para criação de conteúdo.

Neste sentido, o principal objetivo do presente trabalho foi propor e testar uma metodologia para geração de conteúdo que levasse em consideração as principais atividades das três fases da cadeia de produção, à luz dos recursos oferecidos pelos estúdios virtuais, tais como, a visualização e a interação, em tempo real, de objetos virtuais, tanto pelos atores quanto pelo pessoal responsável pela produção.

Conclui-se, portanto, que o trabalho trouxe as seguintes contribuições principais:

- No âmbito da **pré-produção**, evidenciou a necessidade de incorporar, na etapa de elaboração do roteiro, os aspectos relativos à existência de elementos virtuais, tais como tipo de interação e sincronização exigidas entre os atores e os objetos virtuais. Para tal, sugeriu-se a criação de mais uma coluna, na estrutura escrita do roteiro, para representar as ações realizadas pelo operador do software do estúdio virtual.
- No âmbito da **produção**, verificou que é possível, devido à alteração dinâmica dos cenários virtuais, a filmagem das cenas praticamente em sequência linear com o conteúdo do roteiro, o que é quase impraticável quando são utilizados cenários reais.
- Comprovou as técnicas para modelagem dos objetos virtuais e verificou a importância do uso de diversas resoluções com relação ao desempenho e do fotorrealismo das cenas geradas em tempo real e, levantou, também, que tal aspecto é importante na etapa de **pós-produção**.
- Foi o primeiro trabalho a utilizar o protótipo do ARSTUDIO visando a geração de um conteúdo completo, consistindo de cenas com realidade aumentada, uso de técnicas de *chroma-key* e adição de som.
- Ajudou a levantar os aspectos positivos do protótipo ARSTUDIO, tais como: sua interface amigável; a facilidade em incorporar novos marcadores e objetos virtuais, em tempo de filmagem; a possibilidade de alterar as

propriedades geométricas dos objetos 3D; o *matting* digital usando-se técnicas de segmentação baseadas no uso de uma cor chave (chroma-key) e informações de profundidade (provenientes do uso do Kinect); o armazenamento de dois fluxos de vídeo (sem e com elementos virtuais), entre outros.

- Ajudou, também, a levantar novas funcionalidades, atualmente inexistentes na versão atual do protótipo ARSTUDIO, tais como: a necessidade do sistema em armazenar o vídeo, durante a filmagem, com uma taxa de *frames* estável em, pelo menos, 30 quadros por segundo; a possibilidade do ator interagir com os objetos virtuais por meio de comandos vocais ou de gestos; a possibilidade de se armazenar, durante a filmagem, todas as informações de posicionamento e orientação dos objetos virtuais, a fim de facilitar a etapa de pós-produção; e a incorporação de técnicas de captura de movimentos (*motion capture*) para a animação de personagens virtuais.

Em termos de trabalhos futuros, pretende-se aperfeiçoar ainda mais a metodologia proposta, focando-se, por exemplo, nas especificidades dos domínios aplicativos de cada conteúdo digital, a saber, principalmente: conteúdos para Web, Televisão Digital e Cinema.

REFERÊNCIAS

- ANIMAÇÃO 3D. [web-site. Disponível em <http://animacao3d.com.br/>](http://animacao3d.com.br/). Acesso em 30 dez.2014.
- AZUMA, R. **Overview of augmented reality**. In: ACM SIGGRAPH 2004. Course Notes, New York: ACM Press, 2004. 26p.
- CAMPOS, G. M. et al. Sistema de Composição de Estúdios Virtuais Utilizando Técnicas de Realidade Aumentada. In: XII Symposium on Virtual and Augmented Reality- SVR 2010, Natal. **Proceedings...** Natal: v.01, p.22 – 30.
- COMPARATO, D. **Da criação ao roteiro: teoria e prática**. São Paulo: Rocco, 2000.
- CHUANG, Y. Y. et al. Video matting of complex scenes. In: SIGGRAPH '02, 2002, San Antonio. **Proceedings...**San Antonio: ACM, 2002. p. 243-248.
- GIBBS, S. et al. Virtual studios: An overview. In: IEEE MultiMedia, 1998, Washington. **Proceedings...**Washington: IEEE, 1998. v. 5, p. 18-35.
- GASPARI, T. et al. ARSTUDIO: a virtual studio system with augmented reality features. In: 13th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry, 2014, Shenzhen. **Proceedings...** Shenzhen: p. 17-25.
- GRAU, O. et al. Re@ct - Immersive production and delivery of interactive 3D content. In: NEM Summit, 2012, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: 2012.
- GRAU, O. et al. The ORIGAMI project: advanced tools for creating and mixing real and virtual content in film and TV production. **IEEE Proc.– Vision, Image Signal Processing.**, v. 152, n. 4, p.454-469, 2005.
- GRAU, O. et al. A 3D production pipeline for special effects in TV and film. **IEEE Proc.– Vision, Image Signal Processing.**, 2005.
- LLAGOSTERA, G. E. et al. **Estudos de metodologias de roteirização para hipermídia**. In: Intercom 2009, Rio de Janeiro.
- MILLERSON, G. et al. **Television Production**. USA: Focal Press, 2009.
- ORAD. PROSET. Disponível em <<http://www.orad.tv/master/pt/proset>>. Acesso em 30 jun.2014.
- RE@CT. [web-site. Disponível em <http://react-project.eu/>](http://react-project.eu/). Acesso em 30 jun.2014.
- SEMENTILLE, A. C. et al. Inovação em televisão digital: a aplicação de realidade aumentada e virtual na criação de estúdios virtuais. In: GOBBI, M. C.; MORAIS, O. J. de. (Orgs.). **Televisão digital na América Latina: avanços e perspectivas**. São

Paulo: Sociedade Brasileira de Estudos interdisciplinares da Comunicação - INTERCOM, v. 2, p. 655-680, 2012.

TAROUCO, L. M. R. et al. **Reusabilidade de objetos educacionais. Novas Tecnologias na Educação.** v. 1, n. 1, fevereiro, p. 1-11. 2003. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote>> . Acesso em 12 de novembro de 2014.

THOMAS, G. **Mixed reality techniques for tv and their application for on-set and pre-visualization in film production.** International Workshop on Mixed Reality Technology for Filmmaking, 2006. Disponível em: <http://downloads.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp-pdf-files/WHP145.pdf> Acesso em: 10 abr. 2014.

VIELMAS, D. Z. **O Aprimoramento de um Software de Estúdio Virtual por Meio de Técnicas de Matting Digital e Registro de Objetos Virtuais.** 2014. 87p. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Ciência da Computação) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru.

WANG, J.; COHEN, M. F. Image and video matting: a survey. **Found. Trends. Comput. Graph. Vis.**, Hanover, v. 3, p. 97–175, jan. 2007. Disponível em <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1391083.1391084>>. Acesso em 23 jun. 2014.